

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Institut für Sportmedizin

-Direktor: Univ.-Prof. Dr. Klaus Völker-

Der Einfluss unterschiedlicher Intensitäten beim Indoor-Cycling auf
gesundheitsrelevante Parameter

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Hansmeier, Katrin

aus Beckum

2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. H. Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. K. Völker
2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. H. H. Scheld

Tag der mündlichen Prüfung: 12.05.2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Institut für Sportmedizin

-Direktor: Univ.-Prof. Dr. Klaus Völker-

Referent: Univ.-Prof. Dr. K. Völker

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. H. H. Scheld

Zusammenfassung

Der Einfluss unterschiedlicher Intensitäten beim Indoor-Cycling auf gesundheitsrelevante Parameter

Katrin Hansmeier

Das Indoor-Cycling ist eine oft kontrovers diskutierte Sportart, welche, angepasst an das individuelle Trainingsziel und den individuellen Leistungszustand des Sportlers, ein effektives Training darstellt.

Die Trainingswirksamkeit hängt dabei entscheidend von der Dauer und der Intensität der Belastung ab. Für die Umsetzung der Ziele ist die Kompetenz des Trainers von großer Wichtigkeit.

Die hier vorliegende Arbeit soll mit Hilfe von sowohl spiographischen und metabolischen Messungen, als auch isometrischen und isokinetischen Kraftmessungen nachweisen, ob das Indoor-Cycling zu einer gesundheitsspezifischen Adaption führt.

Ferner soll untersucht werden, wie sich die unterschiedlichen Belastungsformen und Intensitäten auf den Körper auswirken und welche Trainingsform für welches Trainingsziel, wie z.B. Prävention oder allgemeine Fitness, gewählt werden sollte.

Hierfür wurden die beiden Varianten „Fatburner“ und „Power-Cycling“ einander gegenüber gestellt.

Folgende Ergebnisse zeigten sich:

- Die Steuerung der Belastung sollte bei jedem Trainingsziel über die Herzfrequenz erfolgen
- Weder ein reiner „Fatburner“ noch ein „Power-Cycling“ Kurs führen zum optimalen Trainingseffekt. Ein Intervalltraining mit eingebauten „Belastungs- und „Ruhephasen“ ist ein perfektes Training zur allgemeinen Fitness, zur Ausdauer und zum Muskelkraftaufbau
- Das Indoor-Cycling-Training dient in Verbindung mit einer Reduktion von weiteren Risikofaktoren zur Prävention vor spezifischen Krankheiten (wie z.B. der KHK) und zur Reduzierung des Körpergewichtes

Tag der mündlichen Prüfung: 12.05.2006

Viele Menschen haben mich zum Gelingen dieser Arbeit unterstützt. All diesen bin ich zu Dank verpflichtet.

Für das Korrekturlesen und besonders für die praktische Unterstützung in den zwei Monaten zur Durchführung der einzelnen Trainingsstunden möchte ich mich von ganzem Herzen bedanken bei Julia Beinecke, Natalie Keller, Alexander Finzel, Sascha Ackmann, Birgit Hansmeier und vor allem bei Dr. Pia Rudack.

Bedanken möchte ich mich auch herzlich bei Dr. Lothar Thorwesten und Dr. Albert Fromme. Sie haben mir stets Ihre fachliche Hilfe angeboten, die ich gerne in Anspruch genommen habe und die mich immer ein großes Stück weiter gebracht hat.

Ein großer Dank geht an die zahlreichen Probanden, die regelmäßig und trotz größter Hitze zu den einzelnen Trainingseinheiten und auch zu den Ein- und Ausgangsuntersuchungen erschienen sind. Ohne Ihre Disziplin hätte ich diese Arbeit in diesem Maße nicht durchführen können.

Ein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Klaus Völker, der mir ermöglichte, dieses Thema nach meinen Vorstellungen zu verwirklichen und der vor allem sehr viel Geduld mit mir hatte. Herzlichen Dank.

Natürlich möchte ich an dieser Stelle allen Mitarbeitern des Sportmedizininstitutes der Westfälischen Wilhelms Universität Münster für Ihre freundliche und nette Mithilfe danken. Die Arbeit dort hat mir viel Spaß gemacht.

Herzlichen Dank an Sven Bußmann und an Thomas Gosseling, die im Bereich Computerprobleme zu jeder Zeit eine Lösung für mein Problem fanden.

Besonders meiner Familie und allen anderen Freunden sei Dank für die Geduld, die Sie mir gegenüber in der letzten Zeit aufbrachten.

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i>	1
	1.1 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext	1
	1.2 Was ist Indoor-Cycling ?	1
	1.3 Indoor-Cycling in der Studie	2
	1.4 Fragestellung	3
2	<i>Methodik</i>	4
	2.1 Untersuchungskonzept	4
	2.2 Untersuchungsgut	4
	2.2.1 Einschluss- und Ausschlusskriterien der Probandengruppe und der Kontrollgruppe	4
	2.3 Untersuchungsort	6
	2.4 Untersuchungsdesign	7
	2.4.1 Allgemeine Anamnese, ärztliche Untersuchung	7
	2.4.2 Ruhe-EKG, Herzfrequenzvariabilitätsmessung	7
	2.4.3 Labor	9
	2.4.4 Body-Mass-Index (BMI)	9
	2.4.5 Fahrradergometrie	9
	2.4.6 Sprungkraftmessung	12
	2.4.7 Beinkraftmessung	13
	2.4.8 Verlaufskontrollmessungen	14
	2.5 Eingesetzte Trainings- und Untersuchungsgeräte	17
	2.5.1 Fahrradergometer	17
	2.5.2 Herzfrequenzvariabilitätsmessung	17
	2.5.4 Herzfrequenzmessung	18
	2.5.5 Laktatmessung	19
	2.5.6 Borg-Skala	19
	2.5.7 SRM-System	20
	2.5.8 Quattro Jump System Typ 9290	21
	2.5.9 Cybex	21
	2.5.10 Indoor-Cycling Bike Cytech	21
	2.5.11 Indoor-Cycling Bike Pulse	22
	2.6 Angewendete statistische Verfahren	23
3	<i>Ergebnisse</i>	24
	3.1 Beschreibung der einzelnen Belastungsformen in den beiden verschiedenen Trainingseinheiten	24
	3.1.1 Fatburner	25
	3.1.2 Power-Cycling	27
	3.2 Vergleich der einzelnen Belastungsformen in den beiden verschiedenen Trainingseinheiten	29
	3.2.1 Fatburner	29
	3.2.2 Power-Cycling	29

3.3	Auswertung spirometrischer und metabolischer Belastungscharakteristika während der einzelnen Belastungsstufen der Ein- und Ausgangsuntersuchung auf dem Fahrradergometer	32
3.3.1	Herzfrequenz, Laktatwerte und RPE-Werte während der einzelnen Belastungsstufen vor und nach dem 2-monatigen Training	32
3.3.2	Spirometrische Charakteristika vor und nach dem 2-monatigen Training	40
3.4	Auswertung der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training	49
3.4.1	RR-Tachogramm	49
3.4.2	Tachogramm	50
3.4.3	Leistungsspektrum	51
3.5	Auswertung der Kraftparameter vor und nach dem 2-monatigen Training	54
3.5.1	Quattro Jump	54
3.5.2	Cybex	56
3.6	Körpergewicht, BMI und Leistung vor und nach dem 2-monatigen Training	66
4.	Diskussion	68
4.1	Methodenkritische Anmerkungen	68
4.1.1	Probandengut	68
4.1.2	Leistungsparameter	68
4.1.3	Gesundheitsparameter	69
4.1.4	Kraftparameter	70
4.1.5	Trainingssteuerung	70
4.2	Ergebnisdiskussion	71
4.2.1	Leistungsparameter	71
4.2.2	Kraftparameter	78
4.2.3	Gesundheitsparameter	80
4.2.4	Trainingssteuerung	85
4.3	Ausblick	87
4.4	Empfehlungen für die Praxis	90
5	Zusammenfassung	93
6	Literaturverzeichnis	96
7	Anhang	114
7.1	Mittelwerte bzw. Mediane, Standardabweichungen und Signifikanzen	114
7.2	Patienteninformation	126
7.3	Anwesenheitsliste	128
7.4	Beispiel eines Indoor-Cycling-Kurses	130
8	Lebenslauf	138

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Untersuchungsdesign _____	7
Abb. 2:	Untersuchungsverlauf auf dem Fahrradergometer _____	10
Abb. 3:	Energy Zones nach Golding _____	15
Abb. 4:	Untersuchungsverlauf jeder einzelnen Trainingseinheit _____	16
Abb. 5:	SchobererRadMesstechnik-Trainingsystem _____	20
Abb. 6:	Indoor-Cycling Bike Tomahawk _____	22
Abb. 7:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike _____	31
Abb. 8:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike _____	31
Abb. 9:	Mediane \pm Standardabweichung der RPE-Werte während der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike _____	31
Abb. 10 a,b,c:	Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training _____	33
Abb. 11 a,b :	Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	33
Abb. 12 a,b,c:	Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training _____	35
Abb. 13 a,b:	Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	36
Abb. 14 a,b,c:	Vergleich der Mediane \pm Standardabweichung des subjektiven Belastungsempfindens während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training _____	37
Abb.15 a,b:	Vergleich der Mediane \pm Standardabweichung der RPE-Werte während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	38
Abb. 16 a,b,c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Cholesterinwerte vor und nach dem 2-monatigen Training _____	39

Abb. 17 a,b,c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des respiratorischen Quotienten während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training	41
Abb. 18 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des respiratorischen Quotienten während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	42
Abb. 19 a,b,c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Sauerstoffpulses während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training	43
Abb. 20 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Sauerstoffpulses während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	44
Abb. 21 a,b,c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der absoluten Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training	46
Abb. 22 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der absoluten Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	46
Abb. 23 a,b,c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der relativen Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und nach b) dem 2-monatigen Training	48
Abb. 24 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der relativen Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	49
Abb. 25 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenzvariabilität a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	50
Abb. 26 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des pNN50 a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	50
Abb. 27 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der RMS s.d. a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	51
Abb. 28 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der hohen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	52
Abb. 29 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der niedrigen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	52
Abb. 30 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der sehr niedrigen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training	53

Abb. 31 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Quotienten aus der niedrigen Frequenz und der hohen Frequenz während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	53
Abb. 32 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Kraft während des Sprunges a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	54
Abb. 33 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Sprunghöhe a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training _____	55
Abb. 34:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Kraft beim Übergang von Exzentrik zur Konzentrik während des Sprunges vor und nach dem 2-monatigen Training _____	56
Abb. 35 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	57
Abb. 36 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 60 Winkelgrad während der Übung a) bei Extension und b) bei Flexion vor und nach dem 2-monatigen Training _____	58
Abb. 37 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	59
Abb. 38 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	60
Abb. 39 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 60 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	61
Abb. 40 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	62
Abb. 41 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	63
Abb. 42 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 60 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	64
Abb. 43 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	65
Abb. 44 a,b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	66

Abb. 45 a:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des Körpergewichtes vor und nach dem 2-monatigen Training	67
Abb. 45 b:	Mittelwerte \pm Standardabweichung des BMI vor und nach dem 2-monatigen Training	67
Abb. 45 c:	Mittelwerte \pm Standardabweichung der Leistung vor und nach dem 2-monatigen Training	67

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Anthropometrische Daten des gesamten Untersuchungsguts _____	5
Tab. 2:	Anthropometrische Daten des Untersuchungsguts bei den einzelnen Untersuchungen _____	5
Tab. 3:	Belastungsschema auf dem Fahrradergometer _____	10
Tab. 4:	Borg-Skala _____	19
Tab. 5:	Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden während der einzelnen Belastungsformen _____	25
Tab. 6:	Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden während der einzelnen Belastungsformen _____	27
Tab. 7:	Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden bei den einzelnen Belastungsformen _____	30
Tab. 8:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Laktatwerte vor und nach dem 2-monatigen Training _____	35
Tab. 9:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der RPE-Werte vor und nach dem 2-monatigen Training _____	38
Tab. 10:	Ergebnisse der Interferenzstatistik des respiratorischen Quotienten vor und nach dem 2-monatigen Training _____	41
Tab. 11:	Ergebnisse der Interferenzstatistik des Sauerstoffpulses vor und nach dem 2-monatigen Training _____	44
Tab. 12:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der relativen Sauerstoffaufnahme vor und nach dem 2-monatigen Training _____	48
Tab. 13:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training _____	49
Tab. 14:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der RMS s.d. vor und nach dem 2-monatigen Training _____	51
Tab. 15:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik vor und nach dem 2-monatigen Training _____	55
Tab. 16:	Ergebnisse der Interferenzstatistik des Drehmomentmaximums bei Isometrik vor und nach dem 2-monatigen Training _____	57
Tab. 17:	Ergebnisse der Interferenzstatistik des Drehmomentmaximums bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training _____	58
Tab. 18:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Gesamtarbeit des Satzes bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training _____	61

Tab. 19:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Leistung bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training _____	64
Tab. 20:	Ergebnisse der Interferenzstatistik der Leistung auf dem Ergometer vor und nach dem 2-monatigen Training _____	67

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
%BW	Prozent pro body weight
Abb.	Abbildung
BF	Belastungsform
BMI	body mass index
bpm	beats per minute
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
E3/E6	Erholungsphase nach 3/6 Minuten
et al	et alii
etc.	et cetera
Fr. Tri.	Freie Triglyceride
HDL	High Density Lipoprotein
Hf	Herzfrequenz
HRV	heart rate variability
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KHK	Koronare Herzkrankheit
Kraft b.Ü.v.E.z.K.	Kraft bei Übergang von Exzentrik zu Konzentrik
l	Liter
La	Laktat
LDL	Low Density Lipoprotein
max.	maximal
med	Median
mg	Milligramm
min	minimal
ml	Milliliter
ml/S	Milliliter pro Schlag
mmHG	Millimeter Quecksilbersäule
mm/mV	Millimeter pro Millivolt
mmol/l	Millimol pro Liter

ms	Millisekunde
MW	Mittelwert
n	Anzahl
Nm	Newtonmeter
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
RPE	ratings of perceived exertion
s	Sekunde
S	Schläge
SD	standard deviation
S/min	Schläge pro Minute
Tab.	Tabelle
U/min	Umdrehungen pro Minute
u.U.	unter Umständen
Vgl.	Vergleich
W	Watt
W/kg KG	Watt pro Kilogramm Körpergewicht
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

1 Einleitung

1.1 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext

Bewegung und Sport werden zunehmend zu einem bedeutenden Bestandteil unserer Freizeit und somit unseres Lebens. Aktivität in der heutigen Zeit zählt zu einer gesellschaftlichen Anforderung und ist ein weiter Begriff, der mit vielen verschiedenen Zielen der einzelnen Aktiven, wie z.B. Prävention, Leistungssteigerung und Ästhetik, in Verbindung steht. In der Zeit des Fitnessbooms werden immer neue Bewegungsaktivitäten entwickelt und neue Trends gesetzt. Das Indoor-Cycling hat sich heute als spezielle Trainingsform vom Trend zu einem fixen Angebot in den Studios und Vereinen entwickelt und soll ein Kardio-Training widerspiegeln, welches für alle Zielgruppen, wie z.B. Gewichtsreduktion mit Fettverbrennung, Ausdauertraining und Steigerung der Beinkraft, je nach Intensität, Dauer und Häufigkeit, genutzt werden kann [46]. Aber auch zur primären und sekundären Prävention, sowie der Rehabilitation der koronaren Herzkrankheiten ist das Indoor-Cycling geeignet. Bewiesen ist, dass die körperliche Inaktivität ein prädisponierender Faktor der KHK ist [82]. Außerdem bewiesen viele Studien, dass körperliche Aktivität, regelmäßig und korrekt durchgeführt, als Prävention und zur Verbesserung der allgemeinen Fitness dient. Diese Studie soll deutlich machen, welche Intensität des Trainings für welche oben genannten Ziele genutzt werden kann.

1.2 Was ist Indoor-Cycling ?

Das Indoor-Cycling wurde 1997 in die deutschen Fitnessstudios gebracht. Anfang der 90er Jahre hatte ein südafrikanischer Straßenradrennfahrer die Idee des Indoor-Cycling. Die Bewegungselemente des Radfahrens wurden von der Straße ins Fitnessstudio auf Standfahrräder verlegt. Die Musik ersetzt dabei das natürliche Streckenprofil, indem sie durch den Takt die Trittfrequenz für die Fahrtechniken der jeweiligen Profile (Berg, Flachfahrten, Abfahrten) vorgibt. Die Belastungswiderstände werden von einem modifizierten Bremssystem erzeugt, welches, auf eine mittels Ketten- oder Riemenantrieb bewegte Schwungscheibe einwirkt. Dadurch werden die Geländeformation, der Fahrtwind und die Übersetzung ersetzt. Somit variieren in der Höhe des gewählten Widerstandes und in der Umdrehungszahl die jeweiligen Belastungsformen. Gesteuert wird die Belastungsintensität über die individuelle Herzfrequenz. Je nach Trainingsziel

(Ausdauer, Fettverbrennung, Erholung) wird für alle Belastungseinheiten ein bestimmter altersabhängiger Herzfrequenzbereich vorgegeben, bei dem das Training erfolgen soll. Entscheidend für die Trainingswirksamkeit sind die korrekte Durchführung, oft durch die Kompetenz des Trainers bedingt, sowie die Reizintensität, die Reizdauer und die Trainingshäufigkeit [46].

1.3 Indoor-Cycling in der Studie

In dieser Studie wurden die Teilnehmer auf zwei Indoor-Cycling-Kurse mit unterschiedlicher Intensität (Fatburner, Power-Cycling) aufgeteilt. Vor Beginn mussten die individuellen Voraussetzungen und Zielsetzungen bzw. in diesem Fall die vorgegebenen Voraussetzungen festgelegt werden.

Fatburner: Die Voraussetzung für das so genannte „Fettstoffwechseltraining“ ist eine Belastungsdauer von mindestens 30 Minuten im Bereich von 2mmol/l Laktat. Der Anteil der Energiebereitstellung durch Fettverbrennung kann bei dieser extensiven Dauerperiode, bei der ausschließlich aerobe Stoffwechselfvorgänge ablaufen, bis zu 90% betragen und sich damit auch auf die Reduktion des Körpergewichtes auswirken [46].

Die Belastung für den so genannten Fatburner lag bei 220 S/min minus Lebensalter, davon 60 – 70%.

Power-Cycling: Diese Probanden führen zum größten Teil im anaerob alactaziden (Start, Kurzsprints, Antritte) und im anaerob lactaziden Energiebereitstellungsbereich [67]. Ein Training möglichst lang im Bereich der maximalen Herzfrequenz stellte diese Variante dar.

1.4 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit sollen die verschiedenen Belastungsformen in den einzelnen Kursen und die Auswirkungen der beiden verschiedenen Trainingsprogramme auf den Körper verglichen und die Effektivität überprüft werden.

Folgende Fragestellungen sollen untersucht werden:

- Welche metabolischen und spirometrischen Belastungscharakteristika finden sich auf den einzelnen Belastungsstufen auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training?
- Wie wirken sich die beiden Trainingsformen auf den Parameter Kraft aus?
- Findet sich zwischen den beiden Trainingsformen ein Unterschied in den Auswirkungen auf den Körper?
- Wie wirken sich die einzelnen Belastungseinheiten auf den Körper aus?
- Welches Training ist für welche Zielgruppe geeignet?

2 Methodik

2.1 Untersuchungskonzept

Im Rahmen einer monozentrischen, kontrollierten Längsschnittstudie wurde der Einfluss unterschiedlicher Intensitäten verschiedener Trainingsformen beim Indoor-Cycling im Hinblick auf Leistungs- und Kreislaufparameter, den Metabolismus und die Kraft verglichen.

2.2 Untersuchungsgut

An der Studie nahmen insgesamt 36 Probanden teil, welche durch Werbung im Fitnessstudio und durch Mundpropaganda auf diese Studie aufmerksam wurden. Nach einem Matching im Hinblick auf Geschlecht, BMI und Leistung in der Eingangsuntersuchung wurden 30 Teilnehmer per Losverfahren den beiden Kursen zugeordnet. 6 Teilnehmer waren als passive Kontrollgruppe an der Studie beteiligt. Bei den Aktiven, also der Power-Cycling-Gruppe und der Fatburner-Gruppe handelte es sich jeweils um 8 weibliche Probanden und um 7 männliche Probanden. Bei der Kontrollgruppe handelte es sich um 3 weibliche Probanden und um 3 männliche Probanden.

2.2.1 Einschluss- und Ausschlusskriterien der Probandengruppe und der Kontrollgruppe

2.2.1.1 Einschlusskriterien

- Teilnahme beider Geschlechter
- Hobby- bzw. Nicht-Sportler
- Indoor-Cycling- Anfänger
- Intensive Mitarbeit
- Regelmäßige Teilnahme

Zusätzlich für die Kontrollgruppe

- Keine Veränderung der Trainingshäufigkeit während der 2 Monate
- Keine Teilnahme an Indoor-Cycling-Kursen

2.2.1.2 Ausschlusskriterien

- Hochtrainierte Sportler
- Erkrankungen oder gesundheitliche Einschränkungen wie Schwangerschaft zu Beginn oder während der Studie
- Herzrhythmusstörungen, Hypertonie, weitere Herzerkrankungen
- Knie- oder Rückenprobleme
- Unregelmäßige Teilnahme an den Trainingseinheiten
- Vorerfahrung im Indoor-Cycling

Die folgenden Tabellen zeigen die Verteilung der Probanden auf die beiden Kurse sowie deren anthropometrische Angaben.

Tab. 1: Anthropometrische Daten des gesamten Untersuchungsguts

Angegeben ist jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung

	gesamt	weiblich	männlich
Anzahl	36	19	17
Alter in Jahren	29,6 \pm 9,01	27,4 \pm 7,9	32,0 \pm 9,9
Körperhöhe in cm	178,8 \pm 11,1	171,5 \pm 5,9	186,9 \pm 9,8
Körpergewicht in kg	76,3 \pm 16,2	65,5 \pm 11,0	88,5 \pm 11,9

Tab. 2: Anthropometrische Daten des Untersuchungsguts bei den einzelnen Untersuchungen

Angegeben ist jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung.

1) Power-Cycling	gesamt	weiblich	männlich
Anzahl	15	8	7
Alter in Jahren	28,3 \pm 7,3	26,3 \pm 5,6	30,6 \pm 8,6
Körperhöhe in cm	181,2 \pm 12,2	173,1 \pm 5,3	190,4 \pm 11,2
Körpergewicht in kg	79,5 \pm 16,1	69,8 \pm 14,5	90,5 \pm 9,6

2) Fatburner	gesamt	weiblich	männlich
Anzahl	15	8	7
Alter in Jahren	29,2 \pm 8,1	26,4 \pm 5,0	32,4 \pm 10,1
Körperhöhe in cm	178,6 \pm 11,0	170,8 \pm 5,5	187,6 \pm 8,6
Körpergewicht in kg	75,1 \pm 75,1	61,4 \pm 5,1	90,7 \pm 12,6

1) und 2) Aktiv	gesamt	weiblich	männlich
Anzahl	30	16	14
Alter in Jahren	29,2 ± 8,1	26,3 ± 5,1	31,5 ± 9,1
Körperhöhe in cm	178,6 ± 11,0	171,9 ± 5,2	189,0 ± 8,6
Körpergewicht in kg	75,1 ± 75,1	65,6 ± 11,0	90,6 ± 10,8

3) Kontrollgr./Passiv	gesamt	weiblich	männlich
Anzahl	6	3	3
Alter in Jahren	33,7 ± 14,6	33 ± 17,3	34,3 ± 15,3
Körperhöhe in cm	173,3 ± 7,5	169,3 ± 9,5	177,3 ± 1,2
Körpergewicht in kg	71,7 ± 13,4	65 ± 11,4	78,3 ± 13,6

Den Tabellen ist zu entnehmen, dass die durchschnittliche Größe der Teilnehmer des Fatburner-Kurses mit einer Größe von 178,6 cm unter der Größe der Teilnehmer des Power-Cycling-Kurses mit 181,2 cm lag. Die Teilnehmer der beiden aktiven Kurse waren im Durchschnitt mit 29,2 Jahren 4,2 Jahre jünger und mit einer Größe von 178,6 cm 5,3 cm größer als die Teilnehmer der Kontrollgruppe. Insgesamt zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Gewicht der Teilnehmer in den einzelnen Kursen.

2.3 Untersuchungsort

Die Vor- und Nachuntersuchungen sowie die einzelnen Messungen wurden im Institut für Sportmedizin der Westfälischen Wilhelms- Universität in Münster durchgeführt. Das Indoor-Cycling-Training fand im Rahmen des Kursplanes als „Externe Gruppe“ im Kursraum des Fitnessstudios „Hall of Sports“ im Nienkamp in Münster statt.

2.4 Untersuchungsdesign



Abb. 1: Untersuchungsdesign

2.4.1 Allgemeine Anamnese, ärztliche Untersuchung

Die ausgewählten Probanden wurden zu einer klinischen Untersuchung ins Sportmedizininstitut bestellt. Dort wurde eine allgemeine Anamnese erhoben und eine ärztliche Untersuchung durchgeführt.

2.4.2 Ruhe-EKG, Herzfrequenzvariabilitätsmessung

Neben einem Ruhe-EKG wurde eine Herzfrequenzvariabilitätsmessung in der Ein- und Ausgangsuntersuchung mit dem Gerät CARDIOVIT AT-60 der Firma Schiller² durchgeführt.

Sobald der Proband an dem 10-adrigen Patientenkabel angeschlossen und das Gerät eingeschaltet war, wurde ein Ruhe-EKG aufgenommen. Die Herzfrequenzvariabilitätsmessung, welche frequenzorientiert (512 Schläge) ablief, wurde durchgeführt. Zur Bestimmung der Ergebnisse wurde die Fast Fourier Transformation (FFT) eingesetzt. Die Schwingungen der Herzschläge werden mathematisch auf ein Spektrum reduziert und die einzelnen Aktivitäten können im hoch- und niederfrequenten Bereich verfolgt werden. Die Niedrigfrequenzen entsprechen einer Summation sympathischer und parasympathischer Aktivitäten, die

² Schiller AG Baar, Schweiz

Hochfrequenzen werden ausschließlich den parasymphatischen Aktivitäten zugeordnet [68]. Die Kurven wurden auf dem Bildschirm dargestellt. Die Elektroden setzten sich aus 4 Elektrodenplättchen aus Edelstahl für die Extremitäten und 6 Brustwand-Saugelektroden zusammen, welche, mit Gel benetzt, an die entsprechenden Stellen platziert wurden.

Alle Ableitungen wurden mit 10mm/mV aufgezeichnet, außer wenn zu große Ausschläge vorkamen. In einem solchen Fall wurde die Empfindlichkeit auf 5mm/mV reduziert.

RR bedeutet ein durchschnittliches Zeitintervall zwischen 2 benachbarten Kammer-Komplexen, dem Abstand von R-Zacke zu R-Zacke, berechnet aufgrund der festgestellten durchschnittlichen Herzfrequenz.

Die für diese Studie wichtigen Parameter waren:

RR-Tachogramm:

- Mittel

Tachogramm:

- pNN50 (Prozentsatz der Intervalle mit mindestens 50 ms Abweichung vom vorausgehenden Intervall) und prozentualer Anteil
- RMS s.d. (Quadratwurzel des quadratischen Mittelwertes der Summe aller Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen; Normalwert: 27 + 12) und prozentualer Anteil

Leistungsspektrum:

- HF (hohe Frequenzen) und prozentualer Anteil der HF
- LF (niedrige Frequenzen) und prozentualer Anteil der LF
- VLF (sehr niedrige Frequenzen) und prozentualer Anteil der VLF
- LF/HF und prozentualer Anteil des LF/HF

Referenzbereiche: (nach Houle & Billmann 1999, Task Force of the European Society of Cardiology, 1996)

- HF: 0,15-0,4 HZ
- LF: 0,04-0,15 HZ
- VLF: 0- 0,04 HZ
- LF/HF: 1,5-2,0

Die Berechnung der dazugehörigen Fläche in der Spektralanalyse erfolgt dann folgendermaßen:

- HF: 0,15-0,4 HZ x 1000ms²
- LF: 0,04-0,15 HZ x 1000ms²
- VLF: 0- 0,04 HZ x 1000ms²

2.4.3 Labor

Die für diese Studie wichtigen Parameter, wie das Gesamtcholesterin, das LDL, HDL und die freien Triglyceride, wurden durch eine venöse Blutabnahme bestimmt. Gleichzeitig wurde hiermit das Blutbild auf pathologische Auffälligkeiten untersucht. Als pathologisch wird ein LDL-Cholesterin über 160 mg% und ein HDL-Cholesterin unter 35 mg% bei erhöhtem Gesamtcholesterin angesehen. Eine Hypertriglyceridämie liegt vor bei über 170 mg/dl.

2.4.4 Body-Mass-Index (BMI)

Zur Klassifizierung des Körpergewichtes der einzelnen Probanden wurde der geschlechtsunspezifische BMI errechnet. Mit dieser Methode kann ein Normal-, Über- oder Untergewicht berechnet werden:

$$\text{BMI: Körpergewicht/ Körpergröße}^2 \text{ in kg/m}^2$$

Der BMI wird eingeteilt in

≤ 18 kg/m² : Untergewicht

18-25 kg/m²: Normalgewicht

26-30 kg/m²: Übergewicht

> 30 kg/m² : Adipositas

2.4.5 Fahrradergometrie

In der Ein- und Ausgangsuntersuchung wurde die Leistungsdiagnostik auf dem Fahrradergometer ergometrics 900 der Firma ergo-line³ durchgeführt. Den Probanden wurde das Ergometer ihrer Körpergröße angepasst. Der Stufentest wurde nach dem BAL-Schema⁴ durchgeführt. Er begann bei 50 Watt und wurde nach 3 Minuten um jeweils 50 Watt erhöht. Die Geschwindigkeit lag bei 70 Umdrehungen pro Minute. Die

³ ergo-line Ergometriesysteme GmbH & Co. KG Bitz, Deutschland

³ Untersuchungsschema des Bundesausschuss für Leistungssport

Anzahl der Belastungsstufen richtete sich nach individueller und subjektiver Ausbelastung der Probanden. Dann wurde eine 6-minütige Erholungsphase eingeleitet.

Tab. 3: Belastungsschema auf dem Fahrradergometer

Die Anzahl der Belastungsstufen richtete sich nach der individuellen Ausbelastung der Probanden.

Die Geschwindigkeit lag bei ca. 70 Umdrehungen pro Minute.

	Belastungsstufen			
Leistung (Watt)	50	100	150	Ausbelastung

Dabei wurden die spirometrischen Parameter und die Herzfrequenz kontinuierlich registriert. Am Ende jeder Belastungsstufe erfolgten eine Blutdruckmessung nach Riva-Rocci⁵, eine Laktatabnahme und die Bestimmung des subjektiven Belastungsempfindens, sowie zwei Laktatabnahmen in der sechsminütigen Erholungsphase.

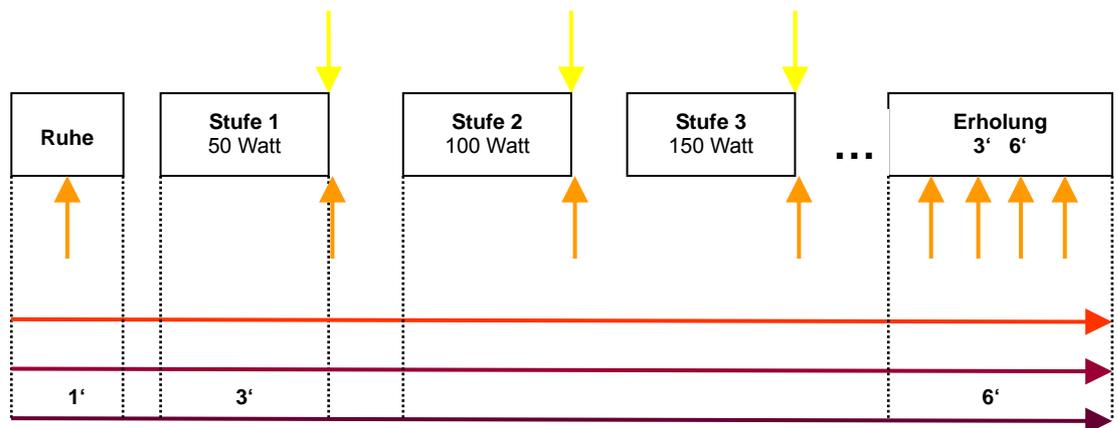


Abb. 2: Untersuchungsverlauf auf dem Fahrradergometer

Die Geschwindigkeit lag bei allen Stufen bei 70 U/min

- Abfrage subjektives Belastungsempfinden
- Laktatabnahme
- Herzfrequenzaufzeichnung
- Spirografische Aufzeichnung
- Zeitleiste

⁵ Apparat zur unblutigen indirekten Blutdruckmessung mit aufzublasender Oberarmmanschette und Manometer

Parameter

Bei der beschriebenen Untersuchung wurden folgende Parameter bestimmt:

Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe (kontinuierlich während der gesamten Untersuchung)

- Herzfrequenz (kontinuierlich während der gesamten Untersuchung)
- Laktat (nach jeder Belastungsstufe und während der Erholung)
- Subjektives Belastungsempfinden (nach jeder Belastungsstufe)

2.4.5.1 Bestimmung der spirometrischen Parameter

Zur Messung der spirometrischen Parameter wurde das telemetrische Spirometrysystem "K4 b²" der Firma Cosmed⁶ verwendet, welches eine kontinuierliche Einzelatemzuganalyse ermöglicht. Den Probanden wurde während der Leistungsdiagnostik eine Maske auf Mund und Nase gesetzt, welche gut verschlossen sitzen sollte. Die für diese Studie relevanten Parameter waren:

- $\dot{V}O_2$ (ml/min) = absolute Sauerstoffaufnahme
- RQ = respiratorischer Atemquotient
 - 0,7: Fettverbrennung
 - 0,8: Eiweißverbrennung
 - 1,0: Kohlenhydratverbrennung
- $\dot{V}O_2/H_f$ (ml/Schläge pro Minute) = Sauerstoffpuls
- $\dot{V}O_2/kg$ KG (ml/Kilogramm) = Sauerstoffaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht

Während der gesamten Fahrradergometrie wurde außerdem ein Belastungs-EKG mitgeschrieben, um mögliche EKG-Veränderungen, die auf Krankheiten hinweisen können und somit zu den Ausschlusskriterien der Studie gehören, auszuschließen.

⁶ Cosmed Ltd. Rom, Italien

2.4.5.2 Bestimmung der Herzfrequenz

Die Herzfrequenzbestimmung wurde mit Hilfe der Herzfrequenz-Messgeräte der Firma Polar Electro⁷ durchgeführt, wobei ein Gurt um die Brust bzw. in Brustnähe angelegt wurde und der Sender so platziert wurde, dass er bei den Männern unter dem Brustmuskel und bei den Frauen unter dem Brustansatz lag. Die Herzfrequenz wurde während der gesamten Fahrradergometrie gemessen.

2.4.5.3 Bestimmung des Laktats

Die Bestimmung des Laktats wurde über ein enzymatisch-amperometrisches Messprinzip mit dem Gerät EBIO plus der Firma Eppendorf⁸ vorgenommen. In Ruhe, nach jeder Belastungsstufe und 3 bzw. 6 Minuten nach der Belastung wurde Blut aus dem Ohrläppchen entnommen und direkt nach der Ergometrie im Labor ausgewertet.

2.4.5.4 Bestimmung des subjektiven Belastungsempfindens

Das subjektive Belastungsempfinden des Probanden wurde mit Hilfe der Borg-Skala dokumentiert. Nach jeder Belastungsstufe wurden die Probanden nach ihrem subjektiven Belastungsempfinden befragt. Dieses sollten sie anhand von Werten der ihnen vorliegenden Borg-Skala bewerten.

2.4.6 Sprungkraftmessung

An einem 2. Termin wurde mittels des Quattro Jumps⁹ die Sprungkraft der einzelnen Probanden ermittelt.

Nach einem 4-minütigen Aufwärmen auf einem Fahrradergometer und Eingabe der Probandendaten in den Computer wurden die Teilnehmer gebeten, sich auf eine portable, quadratische Platte, dem so genannten Quattro Jump, zu positionieren. Nach einem Eingangston sollten sie die vorgegebene Sprungvariante Countermovement

⁷ Polar Electro Oy Kempele, Finnland

⁸ Eppendorf AG Hamburg, Deutschland

⁹ Firma KISTLER Instrumente AG Winterthur

Jump (CMJ) durchführen. Dieser ist ein einzelner, vertikaler Sprung. Aus dem aufrechten Stand (Ausgangsposition) folgt eine Beugeposition (Umkehrpunkt), um anschließend wieder maximal schnell die Beine zu strecken [38]. Er misst die elastische Kraft. Das stille und aufrechte Stehen vor und nach den Einzelsprüngen war eine wichtige Anforderung für korrekte Sprunghöhenmessung mit dem Quattro Jump. Ein guter CMJ war klar definiert mit einem horizontalen Stillstandintervall vor und nach dem Sprung. Ein schlechter Sprung war an einem schrägen, somit nicht horizontalen Stillstandintervall zu erkennen. Automatische Warnungen wurden angegeben bei einem Stillstandintervall von mehr als 3 cm Schräge. Wurde kein Stillstand detektiert, erkannte Quattro Jump den Sprung nicht. Dieser Durchgang sollte 5 Mal wiederholt werden, wobei nur die besten 3 Sprünge, welche noch einmal gemittelt wurden, in die Endwertung mit einfließen. Die direkt gemessenen Parameter waren:

- hf (cm) = Verlagerung des Körperschwerpunktes (Sprunghöhe)
- $PaVg$ (W/kg) = durchschnittliche Kraft
- Fi (%) = Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik.

2.4.7 Beinkraftmessung

Die isokinetische und isometrische Kraftmessung wurde auf dem Cybex-Norm^{®10} Messgerät durchgeführt.

Da der Sprungkrafttest dem Krafttest unmittelbar vorgeschaltet war, war kein erneutes Aufwärmen nötig. Die Probanden wurden auf dem Sitz festgeschnallt, um die Kraft auf den Oberschenkel zu konzentrieren. Somit bestand keine Möglichkeit, die Kraft aus dem ganzen Körper umzuleiten. Die Probanden hielten sich an den vorgesehenen Haltegriffen fest.

In den ersten 5 Stufen der Messung wurden maximale isometrische Muskelkontraktionen sowohl in der Extension als auch in der Flexion mit einer Pause von 20 Sekunden zwischen den Stufen gemessen. Nur die 3 besten Versuche, welche noch einmal gemittelt wurden, flossen mit in die Endwertung ein.

Die letzten 3 Stufen waren isokinetische maximale Kraftwerte. Zunächst wurden 6 Wiederholungen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/s durchgeführt. Nach einer Pause von 120 Sekunden wurden 15 Wiederholungen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s durchgeführt. Wiederum nach 120 Sekunden wurden 30 Wiederholungen

⁹ Messgerät der Firma CYBEX Division of LUMEX, Inc.

bei einer Winkelgeschwindigkeit von $300^\circ/\text{s}$ durchgeführt. Zwischen den isometrischen und isokinetischen Messungen lag eine Pause von 120 Sekunden.

Es wurden jeweils für alle Parameter das linke und das rechte Bein getestet. Die Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen dem rechten und dem linken Bein. Somit wurden die Ergebnisse beider Beine zusammengefasst.

Die wichtigen Parameter für diese Studie waren:

Isokinetik:

- Drehmomentmaximum pro kg KG (Nm/kg KG)
- Durchschnittliche Leistung pro kg KG (W/kg KG)
- Gesamtarbeit des Satzes (Joule)

Isometrik:

- Drehomentmaximum pro kg KG (Nm/kg KG)

2.4.8 Verlaufskontrollmessungen

Das 2-monatige Indoor-Cycling-Training bestand aus einer einstündigen Trainingseinheit zweimal pro Woche, an dem die Probanden regelmäßig teilnehmen sollten. Beim Ausdauertraining sollte die Trainingshäufigkeit bei mindestens 2-3 x pro Woche liegen [132, 29, 87, 175]. Die Teilnahme an den Kursen wurde vor jeder Stunde protokolliert. (siehe Anhang)

Die erste Stunde der beiden unterschiedlichen Kurse bestand jeweils aus einem Einführungskurs mit Erklärung der Handhabung und der Einstellung des Indoor-Cycling-Rades, aus individuellen Korrekturen und Hinweisen zur Technik und zur Widerstandsregelung.

Beide Indoor-Cycling-Kurse wurden von derselben erfahrenen und ausgebildeten Indoor-Cycling-Instructorin geleitet. Der Stundenaufbau orientierte sich an einem einheitlichen Verlaufsschema:

- ca. 10-minütiges Warm up
- ca. 40-minütiges Training
- ca. 10-minütiges Cool down mit Dehnübungen auf und neben dem Rad

Die Gesamtzeit einer Trainingseinheit umfasste 60 Minuten. (Beispiele siehe Anhang)

Als Grundlage für die Belastungseinheiten wurden die Energy Zones nach Golding¹¹[49] genutzt. Zusätzliche Modifikationen wurden durch den Armeinsatz und durch die unterschiedliche Herzfrequenzvorgabe des Fatburner-Kurses vorgenommen.

Dargestellt sind die genannten einzelnen Belastungsformen

Profil:	1	= Seated Flat	– Fahren im Sitzen (Flachland)
	3	= Seated Sprinting	– Sprinten im Sitzen
	7	= Standing Sprinting	– Sprinten im Stehen
	2	= Seated Climbing	– Klettern im Sitzen (Berge)
	6	= Standing Climbing	– Klettern im Stehen (Berge)
	4	= Jumping	– Springen
	5	= Running + Armeinsatz	– Rennen (Flachland im Stehen)
	8	= Oberkörper vor und rück	– Vergleich Jumping
	9	= Running + Armeinsatz	– Rennen (Flachland im Stehen) ohne Pause

Abb. 3: Energy Zones nach Golding

Während die Teilnehmer des Fatburner-Kurses im aeroben Bereich arbeiteten, trainierten die Teilnehmer des Power-Cycling-Kurses fast ununterbrochen im anaeroben Bereich.

Aus diesem Grunde war der Trainer gezwungen, die einzelnen Übungen in den Kursen den Schwierigkeitsstufen anzupassen bzw. sie im Fatburner-Kurs zu reduzieren. Die jeweiligen Übungen der beiden Kurse waren miteinander zu vergleichen. Jeder Kurs begann mit dem Fahren im Sitzen (BF 1), dem „warm up“. Das Klettern im Sitzen (BF 2) der Fatburner war mit dem Klettern im Stehen (BF 6) im Power-Kurs zu vergleichen. Genauso war das Sprinten im Sitzen (BF 3) mit dem Sprinten im Stehen (BF 7) gleich zu setzen. Das Springen (BF 4) und die Übung in der der Oberkörper vor und zurück bewegt wurden (BF 8) sind auch von ähnlicher Art. Das Rennen im Stehen (BF 5) mit gelegentlichen Pausen im Sitzen und evtl. mit zusätzlichem Armeinsatz spiegelte das Rennen im Stehen mit Armeinsatz (BF 9) des Power-Cycling-Kurses wider.

Während der Kurse fand eine kontinuierliche Aufzeichnung der Herzfrequenz bei 8 Probanden mit Hilfe der Uhren der Firma Polar Electro statt. Alle weiteren Teilnehmer,

¹¹ GOLDING, J.: Instructor Manual Spinning®. 1997

bei denen die Herzfrequenz manuell bei jeder Belastungseinheit protokolliert wurde, trugen ebenfalls eine Uhr der Firma Polar Electro. Das Ermitteln des subjektiven Belastungsempfindens nach jeder Trainingseinheit wurde nach dem Schema der Borg-Skala durchgeführt und erfolgte manuell. Die dazu parallel laufende jeweilige Messung der Laktatwerte wurde mit einem enzymatisch-amperometrischen Messprinzip mit dem Gerät EBIO plus der Firma Eppendorf vorgenommen.

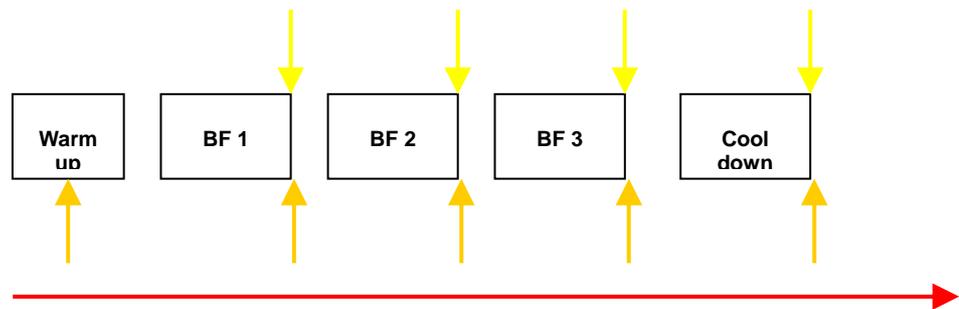


Abb. 4: Untersuchungsverlauf jeder einzelnen Trainingseinheit

- | | |
|----|---|
| BF | Belastungsform |
| ■ | Abfrage subjektives Belastungsempfinden |
| ■ | Laktatabnahme |
| ■ | Herzfrequenzaufzeichnung, Leistung und Tretfrequenz |

Parameter

Die Beanspruchung wurde durch die folgenden Parameter bestimmt:

Herzfrequenz (kontinuierlich während der gesamten Trainingseinheit)

- Laktat (während jeder Belastungsform)
- Subjektives Belastungsempfinden (während jeder Belastungsform)
- Leistung und Tretfrequenz (kontinuierlich während der gesamten Trainingseinheit)

2.4.8.1 Bestimmung der Leistung und Tretfrequenz

Das Schoberer Rad Messtechnik-Trainingssystem (SRM-System) der Firma Schoberer¹² wurde während beider Kurse an dem Untersuchungsrad befestigt, um somit die Wattleistung und die Tretfrequenz während der einzelnen Belastungsformen zu messen.

2.5 Eingesetzte Trainings- und Untersuchungsgeräte

2.5.1 Fahrradergometer

In der Ein- und Ausgangsuntersuchung wurde das Fahrradergometer ergo-metrics 900 der Firma ergo-line eingesetzt. Das Bremsprinzip des Ergometers beruht auf einer computergesteuerten Wirbelstrombremse, wodurch eine drehzahlunabhängige Steuerung des Widerstands ermöglicht wird.

2.5.2 Herzfrequenzvariabilitätsmessung

Bei der Eingangs- und der Ausgangsuntersuchung wurde jeweils das Gerät Cardiovit AT-60 der Firma Schiller benutzt. Dieses ist ein Gerät zur Aufnahme und zum Ausdruck von Ruhe- und Belastungs-EKGs und zur Dokumentation von Langzeitrhythmus-EKGs. Dazu ist der AT-60 ein aussagekräftiges Lungenfunktionsmessgerät.

Die HRV ist eine Messgröße der neurovegetativen Aktivität oder der autonomen Funktion des Herzens. Eine erhöhte parasympathische Aktivität führt zu einer Zunahme der Herzfrequenzvariabilität. Eine erhöhte sympathische Aktivität, und somit ein regelmäßiges Ausdauertraining, führt zu einer Zunahme der Herzfrequenz und zu einer Abnahme der Herzfrequenzvariabilität [81, 37, 38]. Die in dieser Studie eingesetzte nichtparametrische Methode ist eine frequenzabhängige Analyse [100]. Es werden Frequenzanalysen mit mathematisch-physikalischen Verfahren (wie schnelle Fourier-Analyse, fast Fourier transformation [FFT] durchgeführt [100, 122]. Die Frequenzbereiche und die daraus abgeleiteten Größen werden aus den kontinuierlichen Veränderungen, der Spektraldichteverteilung oder Energiedichteverteilung berechnet. Die FFT ist ein mathematisches Verfahren zur Umwandlung zeitbezogener in frequenzbezogene Daten. Die HRV wird durch folgende Faktoren beeinflusst: Alter, Körperlage, Geschlecht, Trainingszustand, Belastungen, Valsalva- und ähnliche Manöver, zirkadiane Rhythmik sowie Medikamente wie Atropin,

¹² Ingenieurbüro Schoberer Jülich, Deutschland

Phenylephrin und β -Rezeptorenblocker. Die Herzfrequenzwerte schwanken beim Gesunden in Abhängigkeit von der Atmung normalerweise um mehr als 15 pro Minute. Werte zwischen 11 bis 14 pro Minute sind grenzwertig, solche unter 10 pro Minute pathologisch [81].

2.5.3 Spirometrie

Zur Messung der spirometrischen Parameter wurde das telemetrische Spirometriesystem "K4 b²" der Firma Cosmed verwendet, welches eine kontinuierliche Einzelatemzuganalyse ermöglicht. Mit dem System werden sowohl die Sauerstoffaufnahme als auch die Kohlendioxidabgabe gemessen, wodurch neben der leistungsphysiologischen Analyse auch eine substratbestimmende und kalorische Bilanzierung der Beanspruchung möglich wird.

2.5.3.1 Auswertung der Rohdaten

Während der Ein- und Ausgangsuntersuchungen wurden die spirometrischen Daten kontinuierlich ausgewertet. Hierzu mussten repräsentative Daten ermittelt werden. So wurden die drei Messzeitpunkte in Ruhe, während der einzelnen Belastungsstufen und in der Erholung ausgewählt.

Der Ruhewert wurde aus der Phase bis zum eigentlichen Beginn des Tests berechnet. Die Auswahl der Werte der einzelnen Belastungsstufen wurde aus dem Mittelwert der mittleren zwei Minuten der jeweiligen Belastungsstufe entnommen, da die endliche Anpassung aller physiologischen Größen zu Beginn der Belastung noch nicht erfolgt und am Ende der Belastung ein psychischer Einfluss auf die Werte durch das Ankündigen des Belastungsendes nicht auszuschließen ist.

Die zwei repräsentativen Werte der 6-minütigen Erholungsphase wurden gebildet durch den jeweiligen Mittelwert 3-minütiger Erholung.

2.5.4 Herzfrequenzmessung

Die Herzfrequenzbestimmung wurde mit Hilfe der Herzfrequenz-Messgeräte der Firma Polar Electro durchgeführt. Mit einem Brustgurt wird die Herzfrequenz direkt an die Übertragungseinheit des Spirometriesystems sowie an das Powercontrol des SRM-Trainingssystems weitergegeben, wodurch eine zeitgleiche Speicherung gewährleistet wird. Die Herzfrequenz wurde über 5 Schläge integriert.

2.5.5 Laktatmessung

Die Bestimmung des Laktats wurde über ein enzymatisch-amperometrisches Messprinzip mit dem Gerät EBIO plus der Firma Eppendorf vorgenommen. Das mittels einer 20 µl Kapillare aus dem Ohrläppchen entnommene Blut wird zur Messvorbereitung in eine Systemlösung (Firma Eppendorf) gegeben und anschließend im Messsystem ausgewertet.

2.5.6 Borg-Skala

Auf dieser Skala werden den Belastungsstufen von sehr sehr leicht bis sehr sehr schwer Zahlen – sogenannte RPE-Werte (Rate of Perceived Exertion) – zugeordnet. Durch die Multiplikation des RPE-Wertes mit 10 ergibt sich die der subjektiven Belastungseinschätzung entsprechende Herzfrequenz.

Tab. 4: Borg-Skala

RPE- Werte mit verbaler Zuordnung

RPE-Wert	verbale Zuordnung
6	
7	sehr sehr leicht
8	
9	sehr leicht
10	
11	leicht
12	
13	etwas anstrengend
14	
15	schwer
16	
17	sehr schwer
18	
19	sehr sehr schwer
20	

2.5.7 SRM-System

Das Schoberer Rad Messtechnik-Trainingsystem (SRM-System) der Firma Schoberer ermöglicht eine kontinuierliche Messung der fahrradspezifischen Größen Leistung, Tretfrequenz und Geschwindigkeit sowie eine zeitgleiche Aufzeichnung der Herzfrequenz des Probanden.

Das SRM-Trainingsystem besteht aus dem SRM-Powermeter, der die Leistung misst, zwei Reedkontakten, die die Messung der Tretfrequenz und der Geschwindigkeit vornehmen, und dem SRM-Powercontrol, das die eingehenden Daten verrechnet und speichert. Alle Messeinheiten sind über entsprechende Kabel mit dem Powercontrol verbunden. Die Herzfrequenzaufzeichnung erfolgt über den Brustgurt der Firma Polar, wobei die gemessene Herzfrequenz telemetrisch an das Powercontrol weitergeleitet wird.

(Tretleistung = Tretkraft x Kurbellänge x Tretfrequenz x $2\pi/60$)

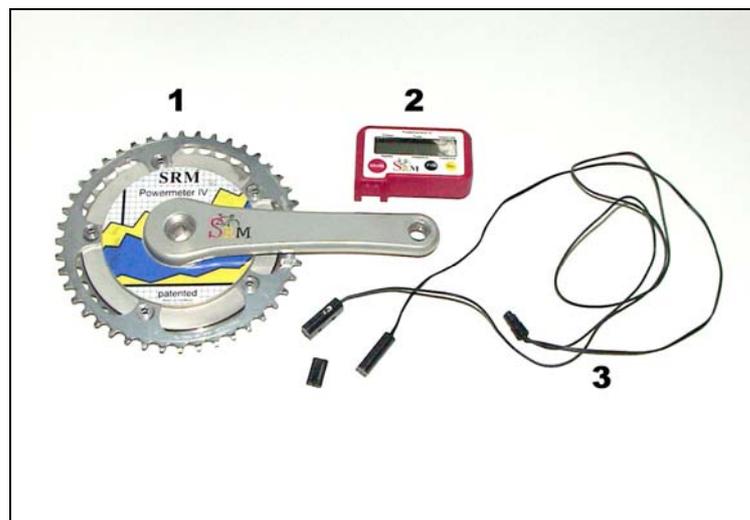


Abb. 5: SchobererRadMesstechnik-Trainingsystem

- 1 Powermeter
- 2 Powercontrol
- 3 Reedkontakte

Zur Berechnung der Leistung muss neben dem Drehmoment auch die Tretfrequenz aufgenommen werden. Ein Reedkontakt an der Gabel bzw. am Vorderrad des Rads überträgt die gefahrene Geschwindigkeit. Die Darstellung der aktuellen Werte, der Durchschnittswerte oder der bisher erreichten Maximalwerte ist über das Display des

Powermeters möglich. Hiermit ist auch die Möglichkeit gegeben, die einzelnen Belastungseinheiten zu markieren, welches die Ergebnisanalyse erleichtert.

2.5.8 Quattro Jump System Typ 9290

Bei der Vor- und Nachuntersuchung wurde die Sprungkraft der einzelnen Probanden mittels des Quattro Jumps gemessen. Dieser misst die senkrechte Kraft der Füße auf den Boden. Er sorgt für eine objektive Messung der Kraft und der Sprunghöhe. Die gemessenen Daten werden 500 Mal pro Sekunde via serielle Schnittstelle an den Computer übermittelt. Hierbei liegen einige genormte Sprünge für die Leistungsdiagnostik aller Sportarten vor.

2.5.9 Cybex

Zur Messung der isokinetischen (dynamisch) und isometrischen (statisch) Kraft der Oberschenkelmuskulatur vor und nach dem 2-monatigen Training wurde das Cybex-Norm[®] Messgerät der Firma CYBEX Division of LUMEX, Inc. genutzt. Die Geschwindigkeit ist durch das Cybex- Gerät vorgegeben, d.h. selbst bei erhöhtem Krafteinsatz verändert sich die Geschwindigkeit nicht. Das Gerät ermittelt in dieser Untersuchung sowohl die statistische als auch die dynamische Maximalkraft des m. quadriceps.

2.5.10 Indoor-Cycling Bike Cytech

Während des 2-monatigen Trainings wurde das Indoor-Cycling Bike Tomahawk der Firma Cytech¹³ als Untersuchungsobjekt genutzt. Es ist mit einem Oversize Rahmen (6 x 4 cm) und einem 25 kg schweren Stahlschwungrad ausgestattet. Der Antrieb des Schwungrades erfolgt über einen Starrlauf, das Schwungrad wird mit Hilfe einer speziell entwickelten Bremse, die am oberen Teil des Längsholms angebracht ist, gebremst. Über einen farbig gekennzeichneten Griff kann in Notfällen eine schnelle Bremsung des Schwungrades erfolgen.

¹³ Cytech GmbH R Röthenbach a. d. Pegnitz, Deutschland

Die Tretkurbel des Rades ist 170 mm lang, an den Pedalen befinden sich Käfige, um eine gesicherte Fußposition zu erreichen sowie eine Rückholbewegung zu ermöglichen. Der Lenker ist gummibeschichtet und bietet durch seine Form verschiedene Griffpositionen. Sowohl der Lenker als auch der Sattel sind höhenverstellbar, zusätzlich kann der Abstand zwischen Sattel und Lenker individuell eingestellt werden.



Abb. 6: Indoor-Cycling Bike Tomahawk

- 1 Stahlschwungrad
- 2 Bremsgriff

Zur Messung der Wattleistung und der Umdrehungen pro Minute wurde das SRM-Trainingssystem montiert.

2.5.11 Indoor-Cycling Bike Pulse

Die weiteren Teilnehmer führen auf den Rädern des Typs Pulse Cycle 225E der Firma PULSE Fitness GmbH. Es besitzt ebenfalls ein Schwungrad mit 26 kg Gewicht. Die Kraftübersetzung folgt über einen Kevlar-Riemen. Das Rad ist mit einer patentierten Bremse auf dem Lenker ausgestattet. Ansonsten verfügt das Rad über einen ähnlichen Aufbau wie das Rad der Firma Cytech.

2.6 Angewendete statistische Verfahren

In der vorliegenden Untersuchung fanden folgende statische Verfahren Anwendung:

deskriptive Statistik:

- Median und Interquartilbereiche 25 bzw. 75 %
- Arithmetisches Mittel und Standardabweichung
- SPSS 11.0
- Microsoft Excel
- Golden Grapher System 2.0

analytische Statistik:

- nichtparametrische und parametrische Tests:
- KRUSKAL-WALLIS-Test für unabhängige Stichproben
- MANN-WHITNEY-U-Test für unabhängige Stichproben
- WILCOXON-Test für abhängige Stichproben
- Kolmogorov-Smirnov-Test
- t-Test für unabhängige Stichproben
- t-Test für abhängige Stichproben
- einfaktorielle ANOVA (Bonferroni)

Folgende Signifikanzschranken (p) wurden genutzt:

$p > 0,05$ nicht signifikant (n.s.)

$p \leq 0,05$ signifikant (*)

$p \leq 0,01$ hoch signifikant (**)

$p \leq 0,001$ höchst signifikant (***)

3 Ergebnisse

3.1 Beschreibung der einzelnen Belastungsformen in den beiden verschiedenen Trainingseinheiten

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Mittelwerte, auf die Mediane und Standardabweichungen der aktiven Probandengruppe und der Kontrollgruppe.

Alle Ergebnisse wurden zuerst mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Dieser Test arbeitet auf Grundlage der maximalen absoluten Differenz zwischen den beobachteten kumulativen Verteilungsfunktionen für beide Stichproben. Wenn diese Differenz signifikant groß ($p \leq 0,05$) ist, werden die beiden Verteilungen als verschieden betrachtet und als nichtparametrische Tests behandelt.

Je höher die Belastungsstufe wurde, desto weniger Probanden waren noch in der Lage, die Wattleistung zu erbringen, so dass in der Kontrollgruppe schließlich $n=6$ war. An den einzelnen Graphen ist deswegen die Anzahl der Probanden, die in den jeweils letzten Belastungsstufen noch übrig blieb, über bzw. unter den jeweiligen Graphen angegeben.

Aus diesem Grunde konnte es in einigen Graphiken zu einem unphysiologischen Leistungsknick kommen.

Durch das Matching sollten die Gruppen gleich aufgeteilt werden, jedoch blieb es nicht aus, dass sich die Gruppen schon vor dem 2-monatigen Training in einigen Parametern signifikant unterschieden. Diese Signifikanzen werden im Folgenden graphisch und tabellarisch dargestellt, aber es wird nicht näher auf sie eingegangen.

Die im Folgenden untersuchten Belastungsformen werden im Anhang näher erläutert.

3.1.1 Fatburner

3.1.1.1 Herzfrequenz, Laktat , subjektives Belastungsempfinden, Wattzahl und Tretgeschwindigkeit während der einzelnen Belastungsformen

Tab. 5: Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden während der einzelnen Belastungsformen

Angegeben sind jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung bzw. der Median während der gesamten Belastungsform

	HF	Laktat	RPE
	MW \pm SD	MW \pm SD	MW \pm SD
Fahren im Sitzen	121,1 \pm 15,2	1,46 \pm 0,51	8 \pm 2,0
Klettern im Sitzen	140,2 \pm 14,4	2,07 \pm 0,90	13 \pm 1,9
Sprinten im Sitzen	140,1 \pm 15,0	2,15 \pm 0,99	13 \pm 0,9
Springen	142,5 \pm 13,8	2,14 \pm 0,93	13 \pm 1,9
Rennen + Armeinsatz	139,5 \pm 15,5	2,44 \pm 0,98	13 \pm 2,0

3.1.1.1.1 Fahren im Sitzen (Flachland)

Diese Fahrvariante wurde bei jedem Training zu Beginn als sogenanntes „warm up“ gefahren. Die durchschnittliche Herzfrequenz lag bei dem Fatburner bei 121,1 S/min, der Laktatwert bei 1,46 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden wurde als sehr leicht und somit mit dem RPE-Wert 8 beschrieben. Die durchschnittliche Wattzahl lag während dieser Variante bei 197 Watt und die Tretgeschwindigkeit bei 68,1 U/min.

3.1.1.1.2 Klettern im Sitzen (Berge)

Diese Übungsform wurde 35mal ausgesucht. Die mittlere Herzfrequenz lag bei 140,2 S/min, der Laktatwert stieg auf 2,07 mmol/l und das subjektive Belastungsempfinden wurde mit etwas anstrengend, also dem RPE-Wert 13, angegeben. Bei 224,7 Watt lag die mittlere Wattzahl und bei 53,8 U/min die Tretgeschwindigkeit.

3.1.1.1.3 Sprinten im Sitzen

Bei dieser Belastungsform hatten die Teilnehmer eine durchschnittliche Herzfrequenz von 140,1 S/min, der Laktatwert lag bei 2,15 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden wurde mit etwas anstrengend (RPE-Wert 13) angegeben. Insgesamt wurde diese Form 30mal gefahren. Bei der Ausführung dieser Übung befanden sich die Wattzahl im Durchschnitt bei 241 Watt und die Tretgeschwindigkeit bei 89,8 U/min.

3.1.1.1.4 Springen

20mal wurde diese Art des Trainings gewählt. Diese Variante hatte mit einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 142,5 S/min den höchsten Wert in diesem Kurs. Der mittlere Laktatwert lag bei 2,14 mmol/l und das subjektive Belastungsempfinden wurde mit etwas anstrengend (RPE-Wert 13) beschrieben. Beim Springen wurden eine durchschnittliche Wattzahl von 224 Watt und eine Tretgeschwindigkeit von 57,9 U/min gemessen.

3.1.1.1.5 Rennen + Armeinsatz (Flachland im Stehen) mit Pausen im Sitzen

Bei der Trainingsform lag die mittlere Herzfrequenz bei 139,6 S/min und der Laktatwert bei 2,44 mmol/l. 12mal wurde von dieser Übung Gebrauch gemacht. Das subjektive Belastungsempfinden wurde hier mit etwas anstrengend (RPE-Wert 13) bewertet. Die Armübungen mussten jedoch oft weggelassen werden, da die Herzfrequenz bei vielen Teilnehmern sofort über den vorgegeben Bereich stieg. Während dieser Übung lag die mittlere Wattzahl bei 220 Watt, die Tretgeschwindigkeit bei 59,3 U/min.

3.1.2 Power-Cycling

3.1.2.1 Herzfrequenz, Laktat ,subjektives Belastungsempfinden, Wattzahl und Tretgeschwindigkeit während der einzelnen Belastungsformen

Tab. 6: Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden während der einzelnen Belastungsformen

Angegeben sind jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung bzw. der Median während der gesamten Belastungsform

	HF	Laktat	RPE
	MW \pm SD	MW \pm SD	MW \pm SD
Fahren im Sitzen	131,5 \pm 17,0	2,25 \pm 1,29	9 \pm 2,2
Klettern im Stehen	163,9 \pm 13,4	5,09 \pm 1,58	16 \pm 1,8
Sprinten im Stehen	169,5 \pm 13,7	7,17 \pm 2,10	17 \pm 1,4
Oberkörper vor/rück	161,3 \pm 15,3	5,66 \pm 2,39	15 \pm 2,0
Rennen + Armeinsatz	158,6 \pm 16,9	5,12 \pm 1,86	16 \pm 2,0

3.1.2.1.1 Fahren im Sitzen (Flachland)

Bei dieser Trainingsform lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei 131,5 S/min, der Laktatwert bei 2,25 mmol/l. Genau wie im „Fatburner“ wurde diese Form bei jeder Trainingseinheit als „warm up“ genutzt. Als subjektives Belastungsempfinden wurde der RPE-Wert 9, sehr leicht, angegeben. Die durchschnittliche Wattzahl während dieser Übung lag bei 284,6 Watt, die Tretgeschwindigkeit bei 85,1 U/min.

3.1.2.1.2 Klettern im Stehen (Berge)

Diese Variante wurde 35mal ausgesucht. Beim Klettern stieg die durchschnittliche Herzfrequenz auf 163,9 S/min, der Laktatwert auf 5,09 mmol/l. Der RPE-Wert lag mit dem Wert 16 zwischen schwer und sehr schwer. Die mittlere Wattzahl lag hier bei 266 Watt, während die Tretgeschwindigkeit bei 51,9 U/min lag.

3.1.2.1.3 Sprinten im Stehen

30mal wurde die Übung eingesetzt. Bei diesem Sprinten wurden ein mittlere Herzfrequenz von 169,7 S/min und eine Laktatwert von 7,17 mmol/l gemessen. Die Belastung wurde mit sehr schwer (RPE-Wert 17) angegeben. Bei 356,4 Watt befand sich die durchschnittliche Wattzahl und bei 103 U/min die Tretgeschwindigkeit.

3.1.2.1.4 Oberkörper vor und rück

Bei dieser mit dem Springen vergleichbaren Übung lag die mittlere Herzfrequenz bei 161,3 S/min. Bei dem Laktat wurde ein Wert von 5,66 mmol/l gemessen. Das subjektive Belastungsempfinden lag bei einem RPE-Wert von 15 und wurde somit als schwer beschrieben. Sie wurde wie das Springen 20mal genutzt. Die mittlere Wattzahl lag bei 262,6 Watt, die Tretgeschwindigkeit bei 66,1 U/min.

3.1.2.1.5 Rennen + Armeinsatz (Flachland im Stehen) ohne Pausen

Diese Übung führte zu einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 158,6 S/min und zu einem Laktatwert von 5,12 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden lag mit dem RPE-Wert 16 zwischen schwer und sehr schwer. 12mal ist diese Variante gefahren worden. Die mittlere Wattzahl lag während dieser Übung bei 290 Watt und die Tretgeschwindigkeit bei 66,1 U/min.

Während im Fatburner eine durchschnittliche Wattzahl von 222,14 Watt und eine Tretgeschwindigkeit von 65,78 U/min gemessen wurden, sind die Teilnehmer im Power-Kurs bei mittleren Werten von 290 Watt und 72,92 U/min getreten.

3.2 Vergleich der einzelnen Belastungsformen in den beiden verschiedenen Trainingseinheiten

3.2.1 Fatburner

Bei dem Fatburner wurde die Trainingsform Fahren im Sitzen jeweils als „warm up“ gefahren. Der mittlere Wert der Herzfrequenz lag bei 121,1 S/min. Die Laktatwerte lagen bei 1,46 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden wurde mit sehr leicht (RPE-Wert 8) beschrieben. Bei allen weiteren Trainingsformen lag die Herzfrequenz kontinuierlich zwischen 139,55 und 140,20 S/min. Die Laktatwerte stiegen auf Werte zwischen 2,07 und 2,44 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden wurde stets mit etwas anstrengend (RPE-Wert 13) angegeben. Die durchschnittliche Herzfrequenz aller Trainingseinheiten und Trainingsformen lag bei 137,22 S/min, während die Laktatwerte bei 2,12 mmol/l lagen. Der Median der RPE-Werte lag bei etwas anstrengend (RPE-Wert 13).

Insgesamt wurden in dem Fatburner-Kurs mit Herzfrequenzen zwischen 74 und 186 S/min gefahren. Wobei der niedrigste Wert beim „warm up“ und der höchste Wert bei dem Sprinten im Sitzen vorzufinden waren. Die RPE-Werte verliefen parallel zur Herzfrequenz mit Werten von 6 bis 20. Der niedrigste Werte war beim „warm up“, der höchste Wert wieder beim Sprinten im Sitzen zu finden. Bei den Laktatwerten lag der Bereich zwischen 0,57 und 5,92 mmol/l, wobei der niedrigste Wert beim Sprinten im Sitzen und der höchste Wert beim Rennen gemessen wurden.

3.2.2 Power-Cycling

Der Power-Kurs begann regelmäßig wie auch der Fatburner mit dem Fahren im Sitzen. Hierbei lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei 131,5 S/min, der Laktatwert bei 2,25 mmol/l. Mit sehr leicht (RPE-Wert 9) wurde das subjektive Belastungsempfinden angegeben. Das Sprinten im Stehen wies mit einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 169,5 S/min und einem mittleren Laktatwert von 7,13 mmol/l die höchsten Werte auf. Das subjektive Belastungsempfinden wurde hier mit sehr schwer (RPE-Wert 17) beschrieben. Bei dem Klettern im Stehen war die mittlere Herzfrequenz 163,9 S/min und der Laktatwert 5,10 mmol/l. Die weiteren Belastungsformen Oberkörper vor und zurück und Rennen im Stehen mit Armeinsatz lagen bei Werten um 161,3 und 158,6 S/min und die Laktatwerte bei 5,22 und 4,83 mmol/l. Das subjektive Belastungsempfinden wurde jeweils mit schwer (RPE-Skala 15) beschrieben.

In allen Kursen des Power-Kurses sind Herzfrequenzwerte zwischen 85 und 205 S/min gemessen worden, wobei der niedrigste Wert beim „warm up“ und der höchste Wert beim Sprinten im Stehen gemessen wurde. Die Laktatwerte verliefen parallel zur Herzfrequenz. Beim „warm up“ war mit 0,61 mmol/l der niedrigste Wert zu finden, während beim Sprinten im Stehen mit 13,09 mmol/l der höchste Wert gemessen wurde. Auf der Borg-Skala wurden Werte zwischen 6 und 20 angegeben, während der niedrigste Wert beim „warm up“ und die höchsten Werte beim Klettern im Stehen, beim Sprinten im Stehen und beim Rennen mit Armeinsatz zu finden waren.

Tab. 7: Herzfrequenz, Laktat und subjektives Belastungsempfinden bei den einzelnen Belastungsformen

Angegeben sind jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung bzw. der Median während der einzelnen Belastungsformen

a) Herzfrequenz

	BF 1		BF 2/6		BF 3/7		BF 4/8		BF 5/9	
	MW \pm SD	p								
Power	131,5 \pm 17	***	163,9 \pm 13,4	***	169,5 \pm 13,7	***	161,3 \pm 15,3	***	158,6 \pm 16,9	***
Fatburner	121,1 \pm 15,2		140,2 \pm 14,4		140,1 \pm 15,0		142,5 \pm 13,8		139,6 \pm 15,5	

b) Laktatwerte

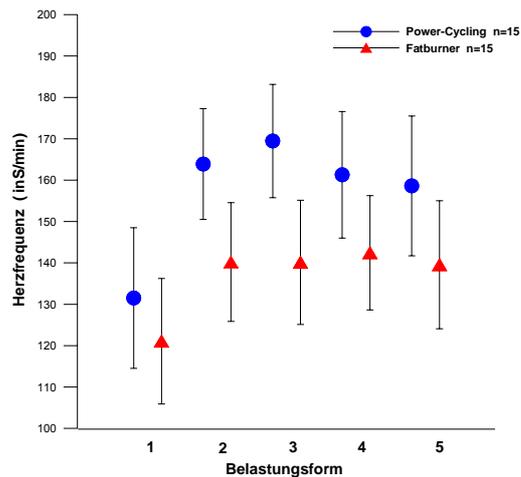
	BF 1		BF 2/6		BF 3/7		BF 4/8		BF 5/9	
	MW \pm SD	p								
Power	2,25 \pm 1,29	***	5,09 \pm 1,66	***	7,17 \pm 2,10	***	5,66 \pm 2,56	***	5,12 \pm 1,98	***
Fatburner	1,46 \pm 0,51		2,07 \pm 0,90		2,15 \pm 0,90		2,14 \pm 0,93		2,44 \pm 0,98	

c) RPE-Werte

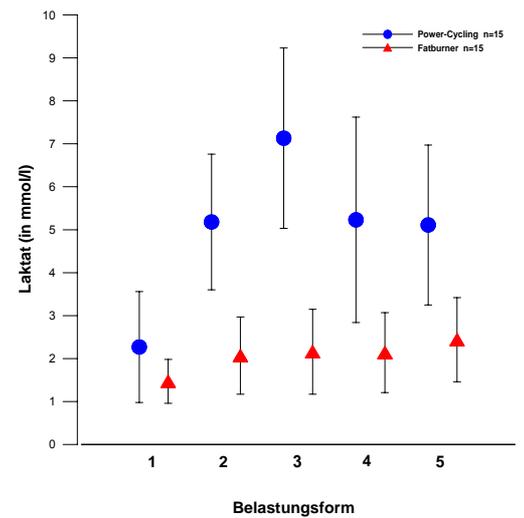
	BF 1		BF 2/6		BF 3/7		BF 4/8		BF 5/9	
	MW \pm SD	p	MW \pm SD	p	MW \pm SD	p	MW \pm SD	p	MW \pm SD	p
Power	9 \pm 2,2	n.s.	16 \pm 1,8	***	17 \pm 1,4	***	15 \pm 2,0	***	16 \pm 2,0	***
Fatburner	8 \pm 2,0		13 \pm 1,9		13 \pm 1,9		13 \pm 1,9		13 \pm 1,8	

Es zeigten sich bei den zu vergleichenden Belastungsformen der beiden verschiedenen Trainingseinheiten höchst signifikante Unterschiede in allen Belastungsformen in den Bereichen Herzfrequenz, Laktat und RPE. Lediglich in der Belastungsform 1, dem so genannten „warm up“ ist im Bereich RPE kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kursen zu erkennen.

Herzfrequenz



Laktatwert



RPE-Wert

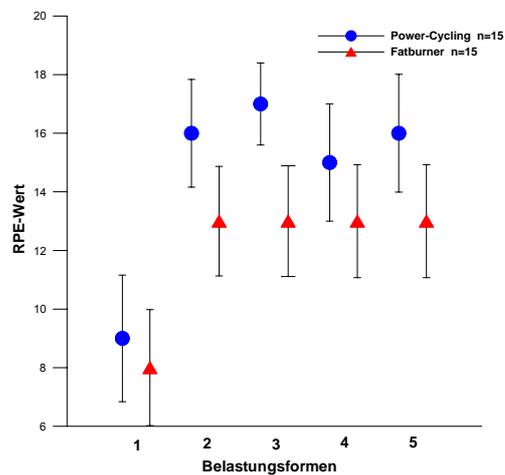


Abb. 7: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike

Abb. 8: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike

Abb. 9: Mediane \pm Standardabweichung der RPE-Werte während der einzelnen Belastungsformen auf dem Indoor-Cycling-Bike

3.3 Auswertung spirometrischer und metabolischer Belastungscharakteristika während der einzelnen Belastungsstufen der Ein- und Ausgangsuntersuchung auf dem Fahrradergometer

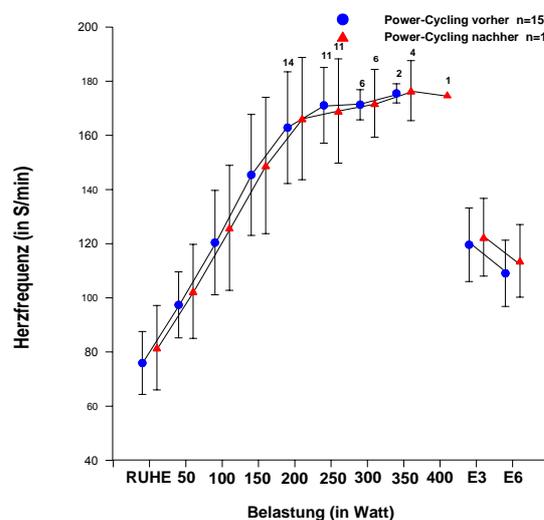
3.3.1 Herzfrequenz, Laktatwerte und RPE-Werte während der einzelnen Belastungsstufen vor und nach dem 2-monatigen Training

3.3.1.1 Herzfrequenz vor und nach dem 2-monatigen Training

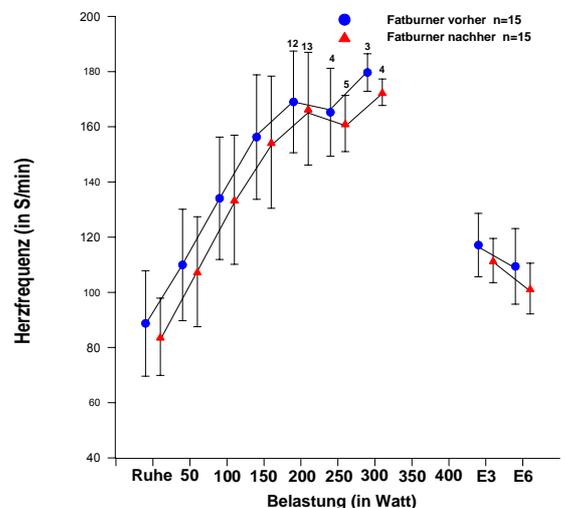
Bei allen 3 Kursformen zeigte sich ein Anstieg der Herzfrequenz von der beginnenden Ruhephase bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. Nach 3 bzw. 6-minütiger Erholungsphase sanken die Werte wieder. In dem Power-Cycling-Kurs (im Folgenden als Kursform 1 bezeichnet) begann die Ruhephase vor dem 2-monatigen Training mit Werten von 75,9 S/min (Fatburner bzw. Kursform 2: 88,7 S/min; Kontrollgruppe bzw. Kursform 3: 82,0 S/min) bzw. nach dem Training von 82,1 S/min (2: 83,9 S/min; 3: 80,5 S/min). Diese stiegen bei 350 Watt vor dem Training auf Werte von 175,5 S/min (2: 179,7 S/min bei 300 Watt; 3: 196,0 S/min bei 250 Watt) und nach dem Training bei einer Leistungssteigerung auf 400 Watt auf Werte von 175 S/min (2: 172,5 S/min bei 300 Watt; 180,5 S/min bei 250 Watt). Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken sie Werte wieder auf 109,4 (2: 109,4 S/min; 116,3 S/min) vor bzw. auf 114,1 S/min (2: 101,4 S/min; 114,5 S/min) nach dem Training.

Insgesamt findet sich ein signifikanter Unterschied innerhalb der einzelnen Kurse vor und nach dem 2-monatigen Training bei der Kursform 2 nach 6-minütiger Erholungsphase ($p = 0,048$).

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

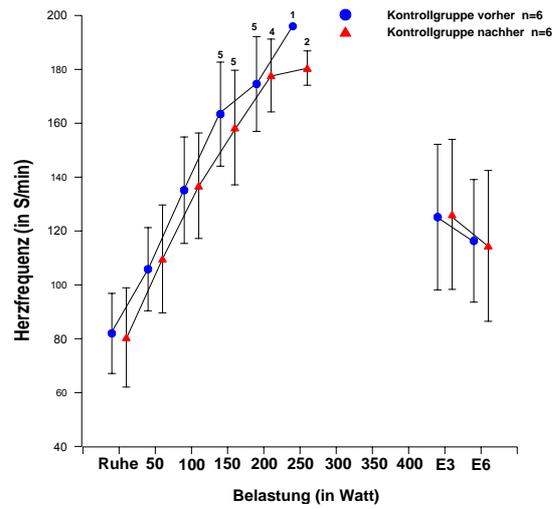
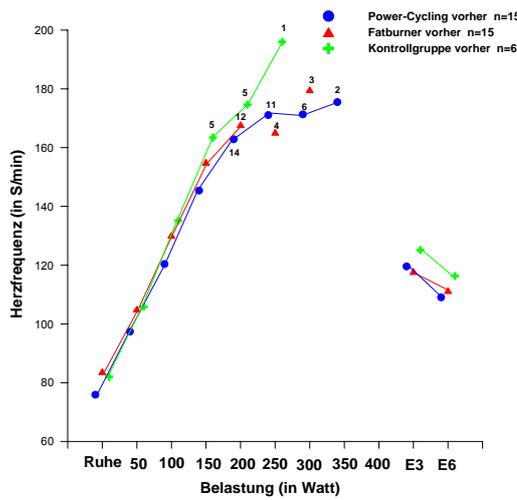


Abb. 10 a,b,c: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz wahrend der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

a) vorher



b) nachher

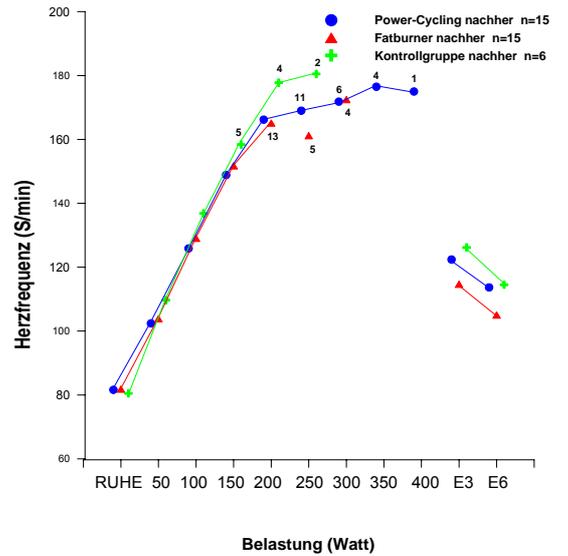
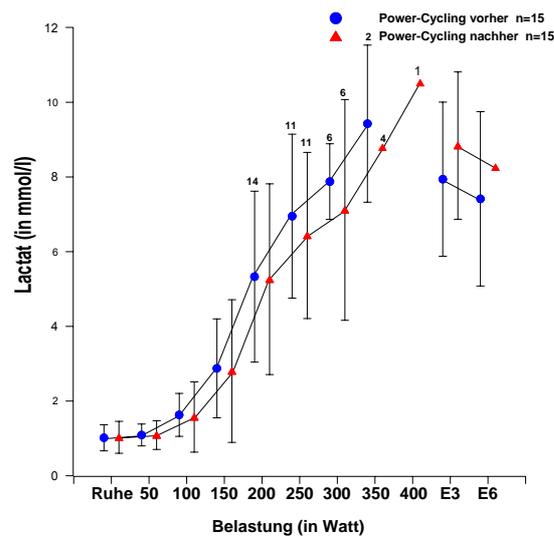


Abb. 11 a,b: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenz wahrend der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

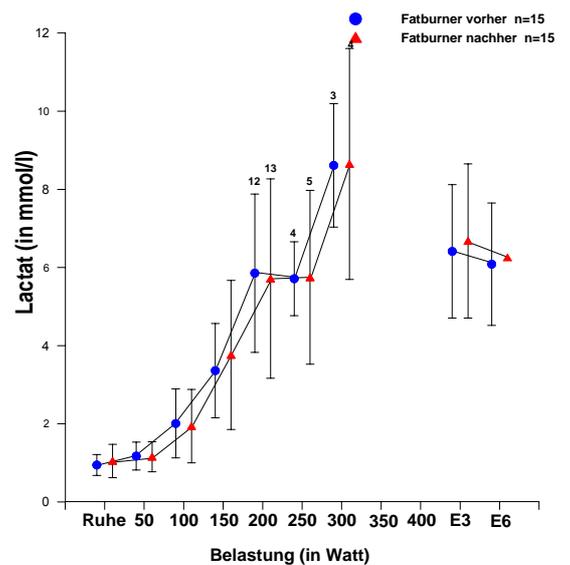
3.3.1.2 Laktatwert vor und nach dem 2-monatigen Training

Bei allen 3 Kursformen zeigte sich ein Anstieg der Laktatwerte von der beginnenden Ruhephase bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. Nach 3 bzw. 6-minütiger Erholungsphase sanken die Werte wieder. In der Kursform 1 begann die Ruhephase vor dem Training mit Werten von 1,02 mmol/l (Kursform 2: 0,95 mmol/l; Kursform 3: 0,98 mmol/l) bzw. nach dem Training von 1,03 mmol/l (2: 1,05 mmol/l; 3: 0,92 mmol/l). Diese stiegen bei 350 Watt vor dem Training auf Werte von 9,43 mmol/l (2: 8,61 mmol/l bei 300 Watt; 3: 7,90 mmol/l bei 250 Watt) und nach dem Training bei einer Leistungssteigerung auf 400 Watt auf Werte von 10,57 mmol/l (2: 8,65 mmol/l bei 300 Watt; 10,09 mmol/l bei 250 Watt). Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken die Werte wieder auf 7,41 mmol/l (2: 6,08 mmol/l; 7,90 mmol/l) vor bzw. auf 8,26 mmol/l (2: 6,26 mmol/l; 3: 7,43 mmol/l) nach dem Training.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

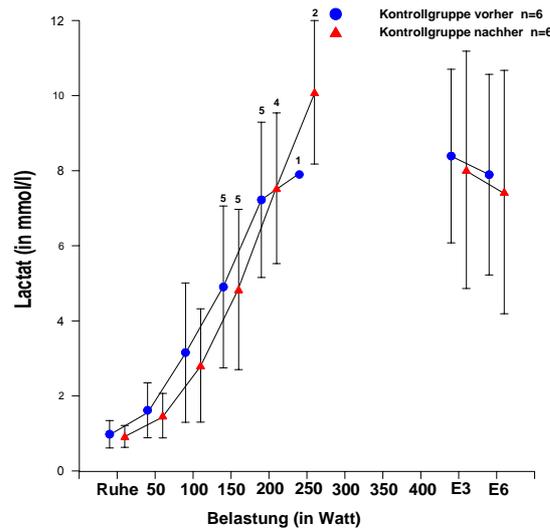


Abb. 12 a,b,c: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

Die einfaktorielle ANOVA und der folgende BONFERRONI-Test zeigten signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede zwischen den Kursformen 1 und 2 und zwischen den Kursformen 1 und 3 im Bereich der Laktatwerte (Vgl. Tab. 8).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
50	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
100	vorher	n.s.	**	n.s.
	nachher	n.s.	*	n.s.
150	vorher	n.s.	*	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
350	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
400	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	*	n.s.	n.s.

Tab. 8: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Laktatwerte vor und nach dem 2-monatigen Training

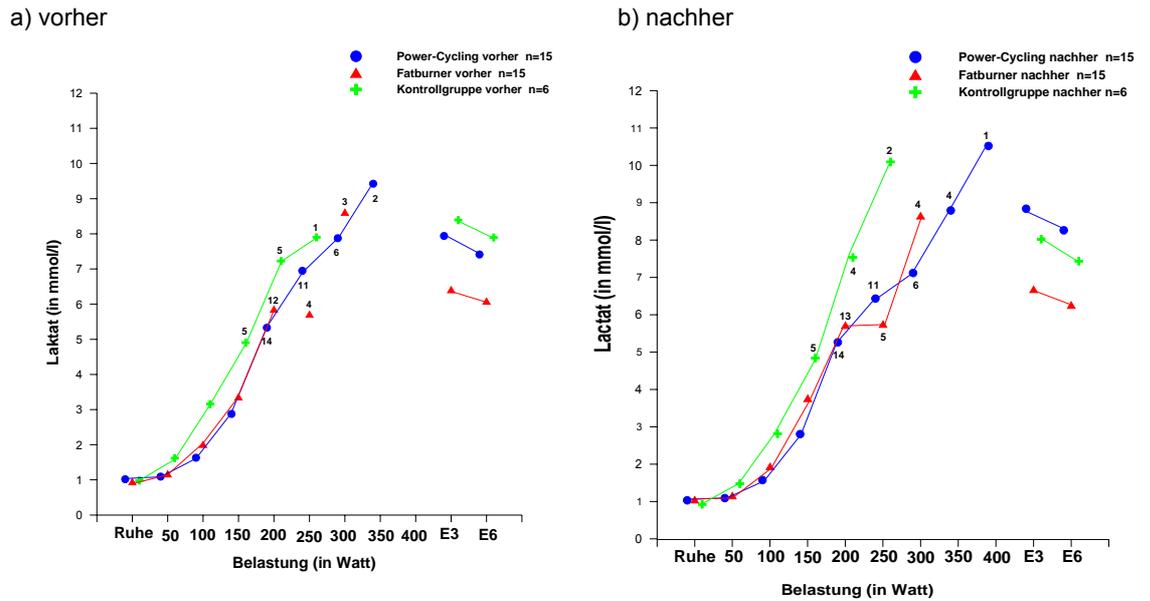


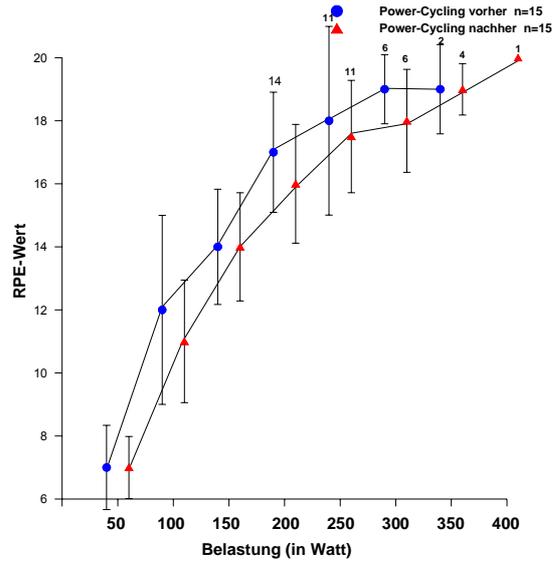
Abb. 13 a,b: Vergleich der Mittelwerte \pm Standardabweichung der Laktatwerte während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

3.3.1.3 RPE-Werte vor und nach dem 2-monatigen Training

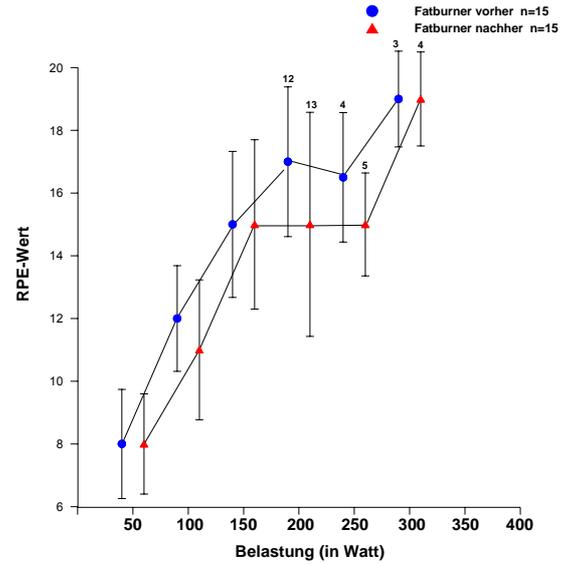
Bei allen 3 Kursformen zeigte sich ein Anstieg der RPE-Werte von der beginnenden Belastungsstufe bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. In der Kursform 1 begann die 1. Belastungsstufe vor bzw. nach dem 2-monatigen Training mit dem Wert 7 (Kursform 2: 8; Kursform 3: 9,5 bzw. 9). Diese stiegen bei 350 Watt vor dem Training auf den Wert 19 (2: 19 bei 300 Watt; 3: 20 bei 250 Watt) und nach dem Training bei einer Leistungssteigerung auf 400 Watt auf den Wert 20 (2: 19 bei 300 Watt; 3: 20 bei 250 Watt).

Insgesamt zeigte sich ein signifikanter Unterschied innerhalb der einzelnen Kurse im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training in dem Fatburner-Kurs. Bei der Belastungsstufe 200 Watt beträgt $p = 0,032$.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

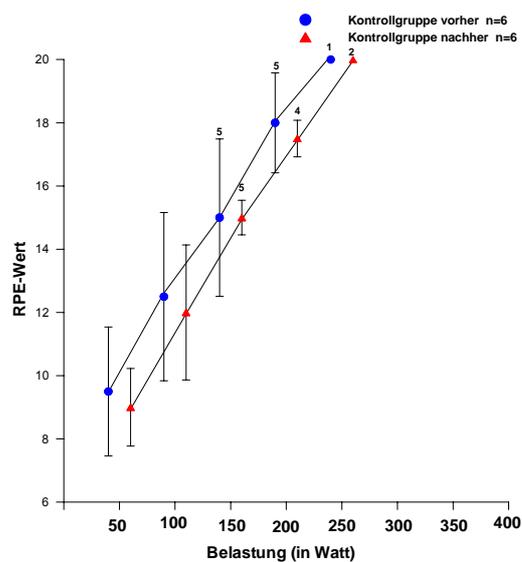


Abb. 14 a,b,c: Vergleich der Mediane \pm Standardabweichung des subjektives Belastungsempfindens während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

Der Kruskal-Wallis-Test zeigte signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede im Bereich der RPE-Werte zwischen den Kursen 1 und 2 und zwischen den Kursen 1 und 3 (Vgl. Tab. 9).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
50	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
100	vorher	n.s.	**	n.s.
	nachher	n.s.	*	n.s.
150	vorher	n.s.	*	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
350	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
400	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	*	n.s.	n.s.

Tab. 9: Ergebnisse der Interferenzstatistik der RPE-Werte vor und nach dem 2-monatigen Training

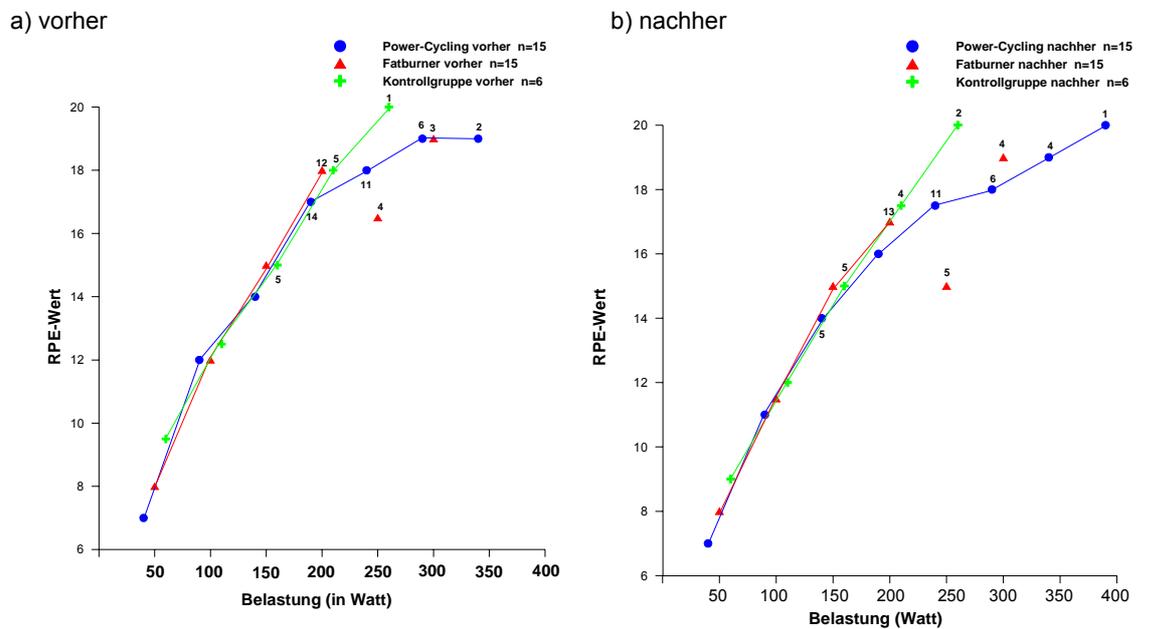
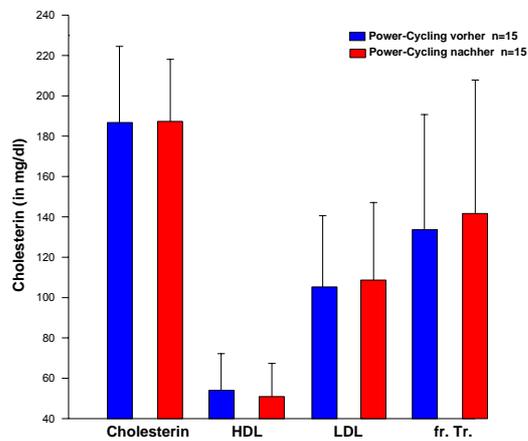


Abb.15 a,b: Vergleich der Mediane ± Standardabweichung der RPE-Werte während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

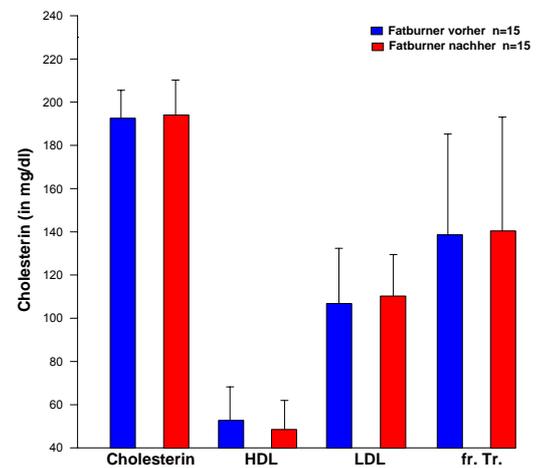
3.3.1.3 Cholesterinwerte vor und nach dem 2-monatigen Training

In dem Power-Cycling-Kurs lagen die Gesamtcholesterinwerte bei 186,40 mg/dl (Kursform 2: 177,47 mg/dl; Kursform 3: 202,33 mg/dl) nach dem 2-monatigen Training lagen die Werte bei 187,13 mg/dl (2: 178,53 mg/dl; 3: 198,17). Beim LDL stiegen die Werte von 105,07 mg/dl auf 107,93 mg/dl (2: von 100,33 mg/dl auf 103,13 mg/dl). In der Kontrollgruppe sanken die Werte von 113,33 mg/dl auf 109,33 mg/dl. Das HDL sank von 53,87 mg/dl (2: 51,47 mg/dl; 3: 61,33 mg/dl) auf 50,73 mg/dl (2: 47,47 mg/dl; 60,50 mg/dl). Die freien Triglyceride stiegen in den aktiven Kursen von 133,67 mg/dl (2: 128,87 mg/dl) auf 141,67 mg/dl (2: 130,33 mg/dl), während sie bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe von 133,67 mg/dl auf 122,50 mg/dl sanken.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

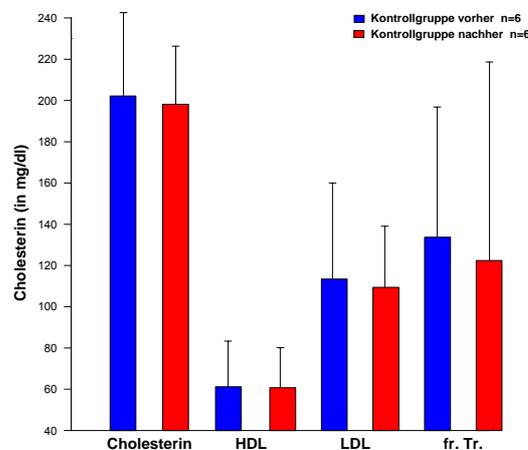


Abb. 16 a,b,c: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Cholesterinwerte vor und nach dem 2-monatigen Training

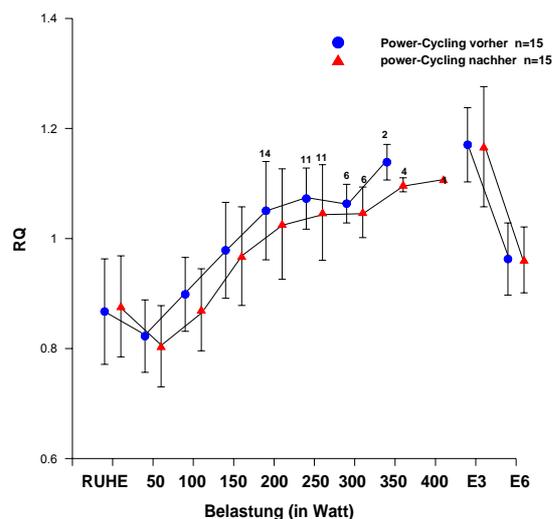
3.3.2 Spirometrische Charakteristika vor und nach dem 2-monatigen Training

3.3.2.1 Respiratorischer Quotient

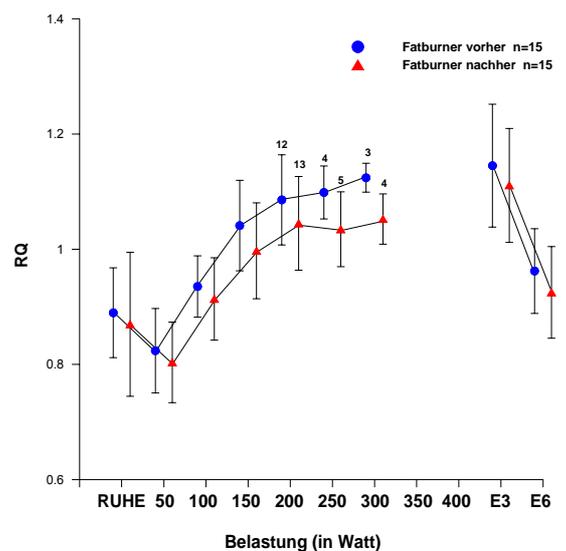
Bei allen 3 Kursformen zeigte sich nach einem kleinen Abfall des RQ zwischen der beginnenden Ruhephase und der 1. Belastungsstufe ein Anstieg des Wertes kontinuierlich von Belastungsstufe zu Belastungsstufe bis zur 3-minütigen Erholungsphase. Nach 6-minütiger Erholung sanken die Werte wieder. In der Kursform 1 begann die Ruhephase mit dem Wert 0,87 (Kursform 2: 0,89; Kursform 3: 0,92) bzw. nach dem 2-monatigen Training mit dem Wert 0,88 (2: 0,87; 3: 0,86). Diese sanken bei 50 Watt vor dem Training auf 0,82 (2: 0,82; 3: 0,87) und nach dem Training auf 0,80 (2: 0,80; 3: 0,78). Die Werte stiegen bis zur 3-minütigen Erholungsphase auf die Werte 1,17 (2: 1,14; 3: 1,25) vor und auf 1,17 (2: 1,11; 3: 1,13) nach dem Training. Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken die Werte wieder auf 0,96 (2: 0,96; 3: 1,07) vor bzw. auf 0,96 (2: 0,93; 3: 1,00) nach dem Training.

Signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Kursformen vor und nach dem 2-monatigen Training ließen sich auf den einzelnen Belastungsstufen in dem Fatburner-Kurs und in der Kontrollgruppe feststellen. Im Fatburner-Kurs auf den Belastungsstufen 150, 200 und 250 Watt beträgt p jeweils 0,001, 0,004 und 0,027. Bei der Kontrollgruppe auf den Belastungsstufen 100 und 150 Watt ist $p = 0,013$ bzw. 0,019.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

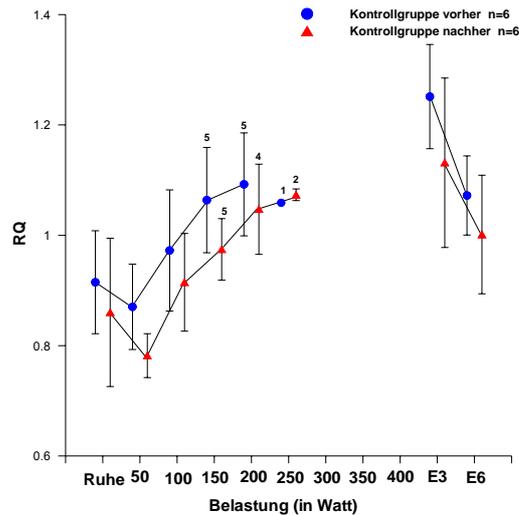


Abb. 17 a,b,c: Mittelwerte \pm Standardabweichung des respiratorischen Quotienten während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

Die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Kursformen 1 und 3 und zwischen den Kursformen 2 und 3 im Bereich des respiratorischen Quotienten während der Erholungsphase vor dem 2-monatigen Training (Vgl. Tab. 10).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
50	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
100	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
350	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
400	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E6	vorher	n.s.	*	*
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 10: Ergebnisse der Interferenzstatistik des respiratorischen Quotienten vor und nach dem 2-monatigen Training

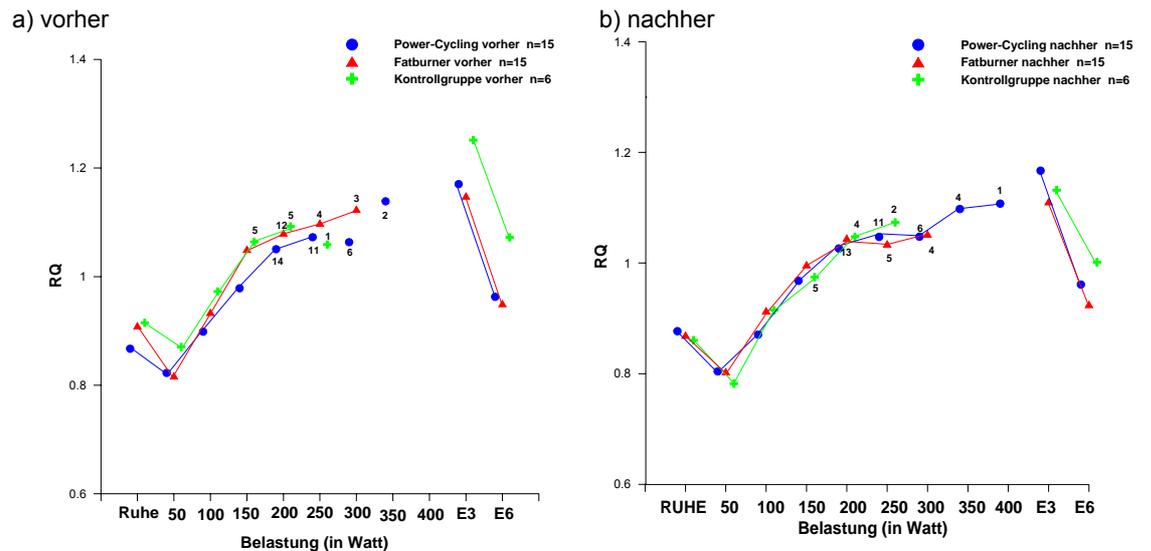


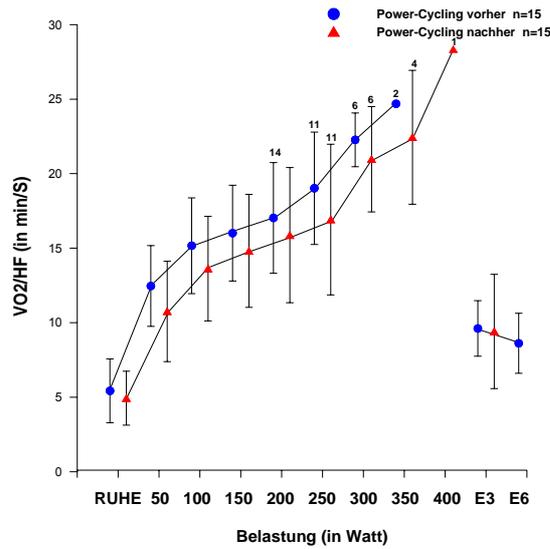
Abb. 18 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des respiratorischen Quotienten während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

3.3.2.2 Sauerstoffpuls

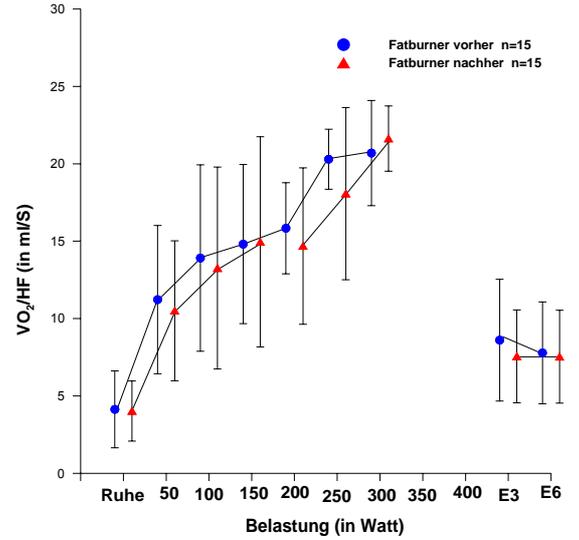
Bei allen 3 Kursformen zeigte sich ein Anstieg des Sauerstoffpulses von der beginnenden Ruhephase bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. Nach 6-minütiger Erholung sanken die Werte wieder. In dem Power-Cycling-Kurs begann die Ruhephase vor dem Training mit dem Wert 5,43 ml/S (Kursform 2: 4,14 ml/S; Kursform 3: 5,31 ml/S) bzw. nach dem Training mit dem Wert 4,93 ml/S (2: 4,02 ml/S; 3: 4,42 ml/S). Die Werte stiegen bis zur jeweils letzten Belastungsstufe auf 24,69 ml/S (2: 20,70 ml/S; 3: 17,52 ml/S) vor und auf 28,35 ml/S (2: 19,02 ml/S; 3: 16,53 ml/S) nach dem Training. Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken die Werte wieder auf 8,62 ml/S vor (2: 7,78 ml/S; 3: 9,16 ml/S) bzw. auf 9,34 ml/S (2: 7,54 ml/S; 3: 11,46 ml/S) nach dem Training.

Ein signifikanter Unterschied innerhalb der einzelnen Kursformen vor und nach dem 2-monatigen Training ließ sich auf der Belastungsstufe 50 Watt in dem Power-Cycling-Kurs verzeichnen. Hier lag p bei 0,037.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

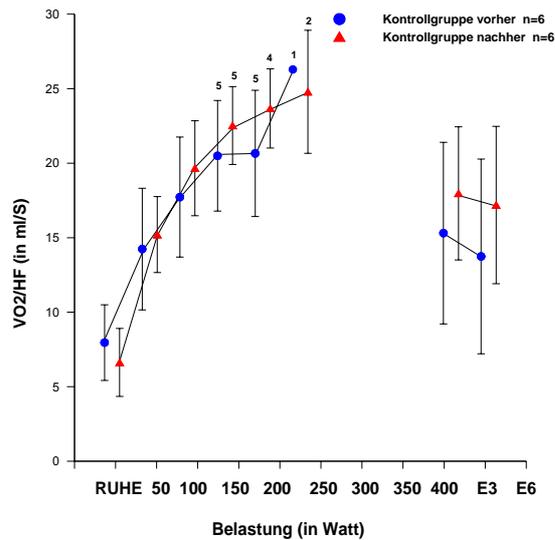


Abb. 19 a,b,c: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Sauerstoffpulses während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

Die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Kursformen 2 und 3 vor dem 2-monatigen Training in der Erholungsphase im Bereich des Sauerstoffpulses (Vgl. Tab. 11).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
50	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
100	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
350	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
400	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	*
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 11: Ergebnisse der Interferenzstatistik des Sauerstoffpulses vor und nach dem 2-monatigen Training

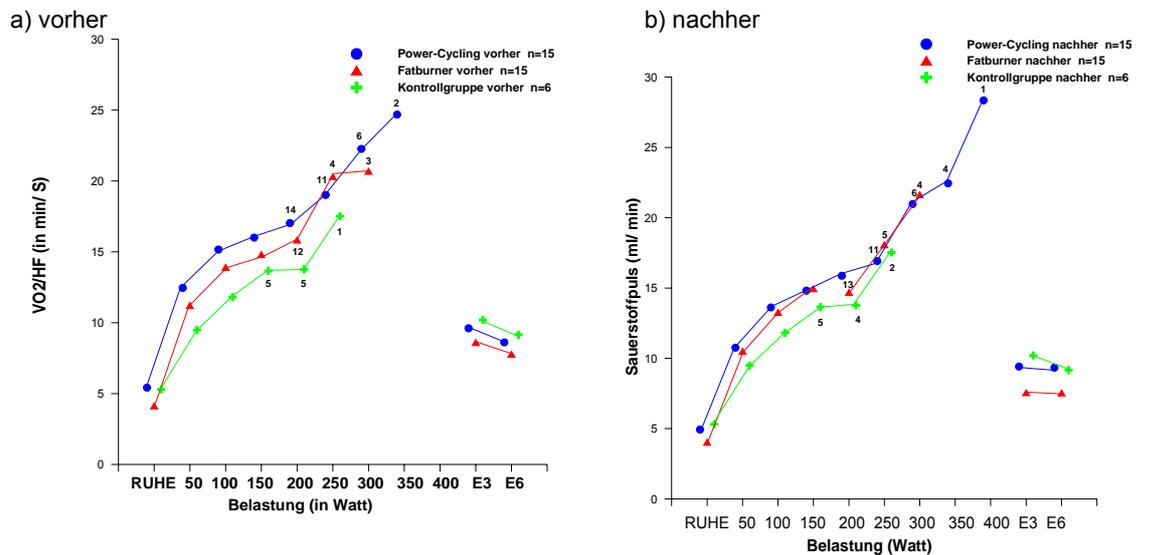


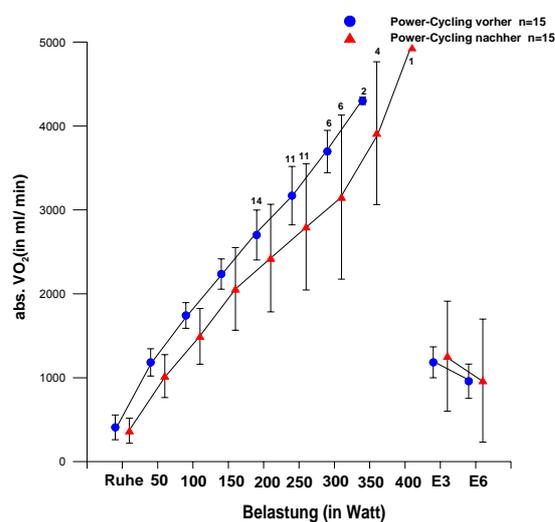
Abb. 20 a,b: Mittelwerte ± Standardabweichung des Sauerstoffpulses während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

3.3.2.3 Absolute Sauerstoffaufnahme

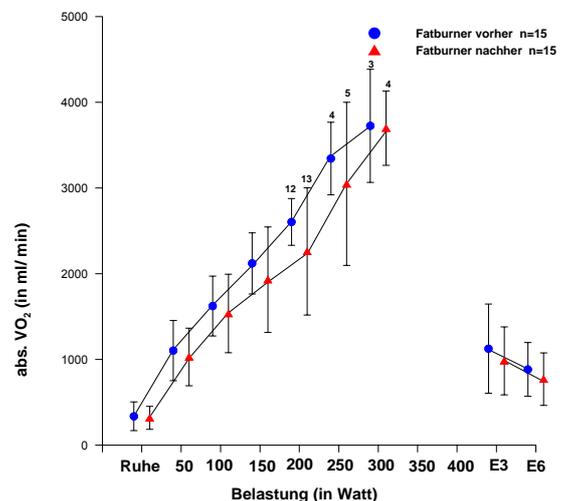
Bei allen 3 Kursformen zeigte sich ein Anstieg der absoluten Sauerstoffaufnahme von der beginnenden Ruhephase bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. Nach 6-minütiger Erholung sanken die Werte wieder. In dem Power-Cycling-Kurs begann die Ruhephase mit dem Wert 408,48 ml/min (Kursform 2: 336,59 ml/min; Kursform 3: 390,91 ml/min) bzw. nach dem 2-monatigen Training mit dem Wert 368,13 ml/min (2: 318,40 ml/min; 3: 366,23 ml/min). Die Werte stiegen bis zur jeweils letzten Belastungsstufe auf 4299,85 ml/min (2: 3724,99 ml/min; 3: 3095,95 ml/min) vor dem Training und auf 4933,13 ml/min (2: 3697,12 ml/min; 3: 3373,07 ml/min) nach dem Training an. Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken die Werte wieder auf 958,18 ml/min (2: 883,46 ml/min; 3: 905,90 ml/min) vor bzw. auf 966,02 ml/min (2: 770,10 ml/min; 3: 1034,93 ml/min) nach dem Training.

Ein signifikanter Unterschied innerhalb der einzelnen Kursformen vor und nach dem 2-monatigen Training ließ sich auf der Belastungsstufe 50 und 100 Watt in dem Power-Cycling-Kurs verzeichnen. Hier lag p bei 0,030 bzw. bei 0,018.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

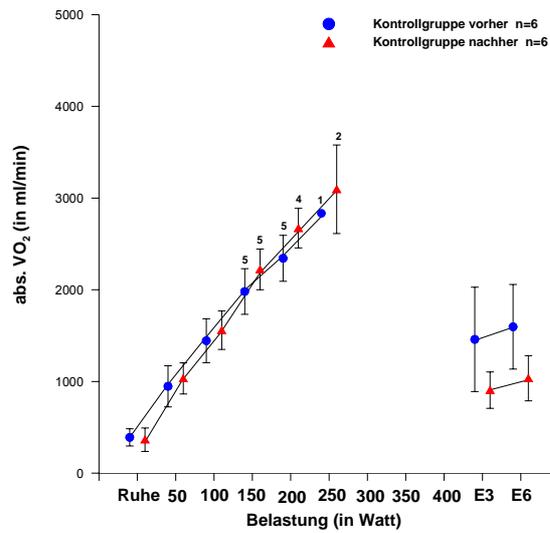
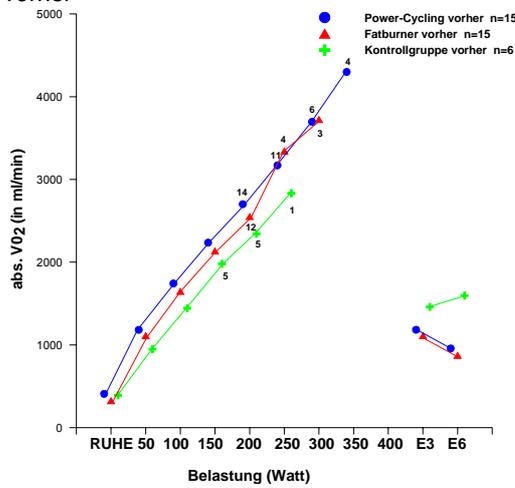


Abb. 21 a,b,c: Mittelwerte \pm Standardabweichung der absoluten Sauerstoffaufnahme wahrend der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

a) vorher



b) nachher

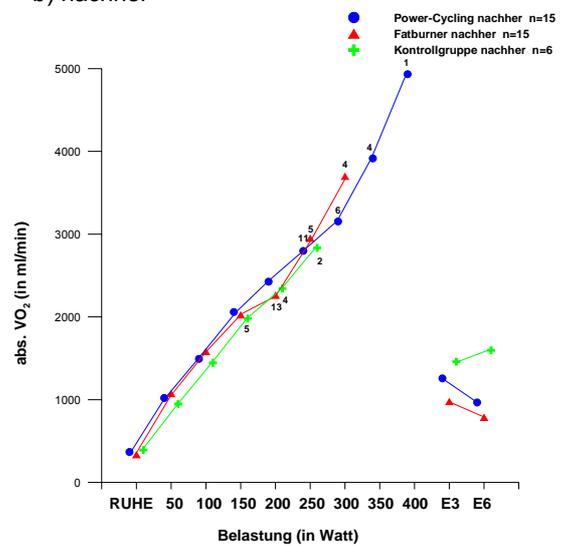


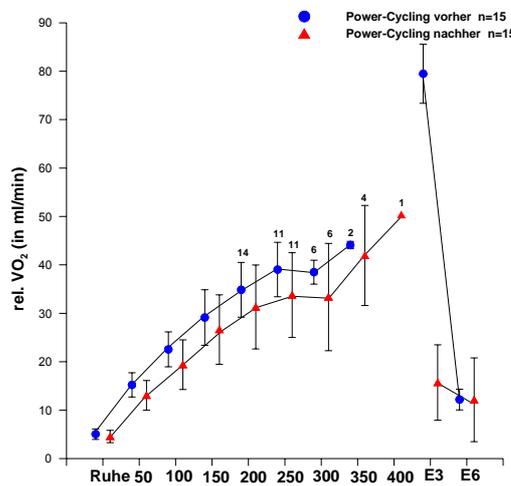
Abb. 22 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der absoluten Sauerstoffaufnahme wahrend der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

3.3.2.4 Relative Sauerstoffaufnahme

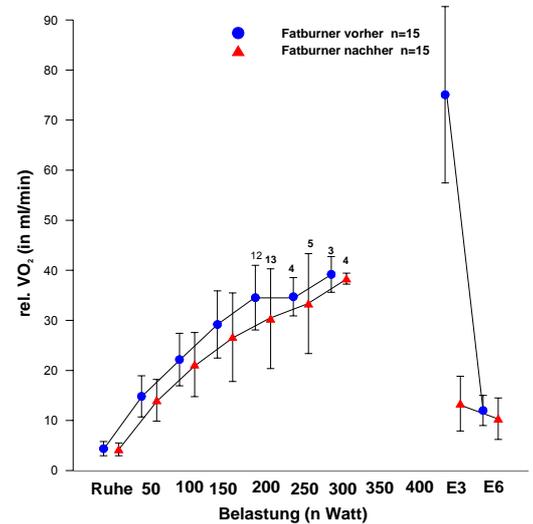
Die 3 Kursformen zeigten einen Anstieg der relativen Sauerstoffaufnahme beginnend bei der Ruhephase bis zur jeweils letzten Belastungsstufe. Nach 6-minütiger Erholung sanken die Werte wieder. In dem Power-Cycling-Kurs begann die Ruhephase mit dem Wert 5,05 ml/min (Kursform 2: 4,36 ml/min; Kursform 3: 5,60 ml/min) vor bzw. nach dem 2-monatigen Training mit dem Wert 4,57 ml/min (2: 4,23 ml/min; 3: 5,13 ml/min). Die Werte stiegen bis zur jeweils letzten Belastungsstufe auf 44,10 ml/min (2: 39,18 ml/S; 3: 35,43 ml/min) vor und auf 41,93 ml/min (2: 38,34 ml/min; 3: 39,88 ml/min) nach dem Training. Nach der 6-minütigen Ruhepause sanken die Werte wieder auf 12,19 ml/min vor (2: 11,99 ml/min; 3: 11,25 ml/min) bzw. auf 12,14 ml/min (2: 10,36 ml/min; 3: 14,95 ml/min) nach dem Training.

Ein signifikanter bzw. höchst signifikanter Unterschied innerhalb der einzelnen Kursformen vor und nach dem 2-monatigen Training ist im Power-Cycling-Kurs bei den Belastungsstufen 50 und 100 Watt und nach der 3-minütigen Erholungsphase zu finden, p beträgt 0,027, 0,018 bzw. 0,000. Im Fatburner-Kurs nach der 3-minütigen Erholungsphase ist $p = 0,000$ und in der Kontrollgruppe ist nach der 3-minütigen Erholungsphase p ebenfalls 0,000.

a) Power-Cycling



b) Fatburner



c) Kontrollgruppe

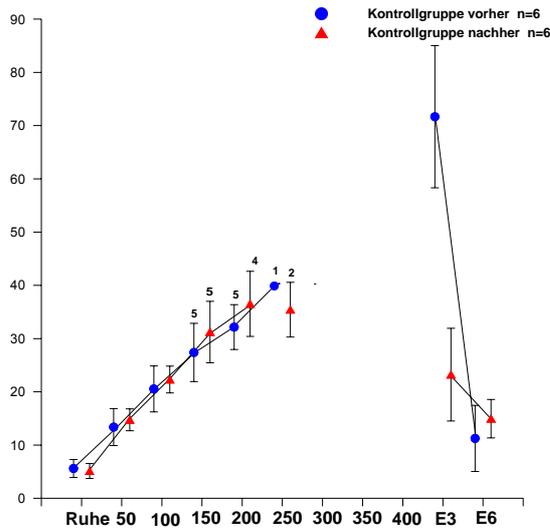


Abb. 23 a,b,c: Mittelwerte \pm Standardabweichung der relativen Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

Die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 2 und 3 vor dem 2-monatigen Training in der Erholungsphase im Bereich der relativen Sauerstoffaufnahme (Vgl. Tab. 12).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
50	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
100	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
350	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
400	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	*
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 12: Ergebnisse der Interferenzstatistik der relativen Sauerstoffaufnahme vor und nach dem 2-monatigen Training

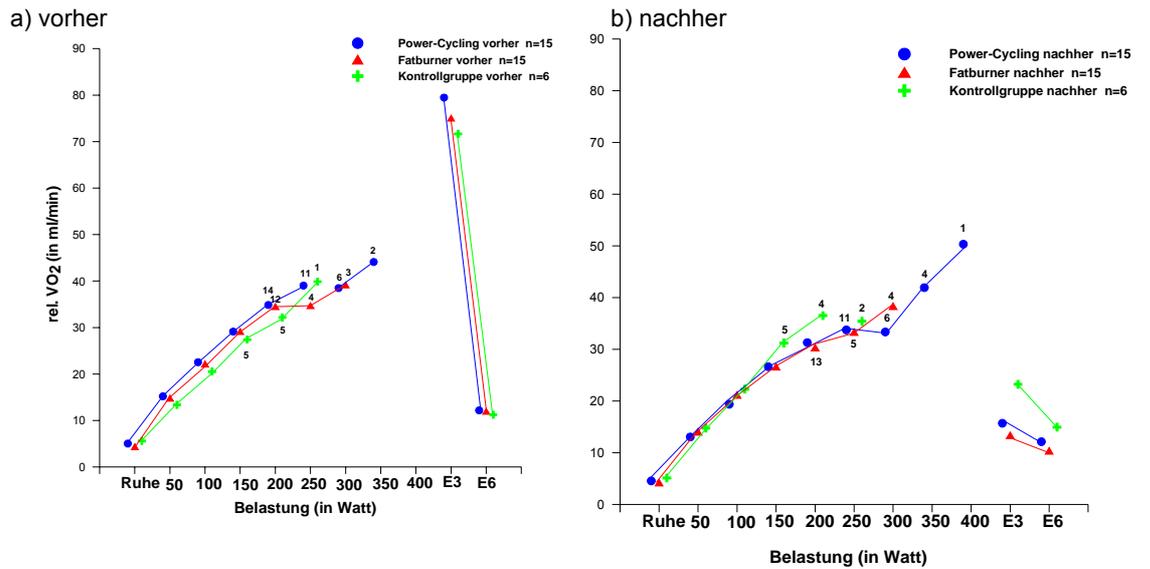


Abb. 24 a,b: Mittelwerte ± Standardabweichung der relativen Sauerstoffaufnahme während der Belastung auf dem Fahrradergometer a) vor und b) nach dem 2-monatigen Training

3.4 Auswertung der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.4.1 RR-Tachogramm

Beim RR-Tachogramm zeigten sich vor dem 2-monatigen Training Werte des Mittels von 932,4 ms (Kursform 2: 775,8ms; Kursform 3: 895,5 ms). Während diese Werte nach dem Training bei den Aktiven auf Werte von 945,9 ms (2: 858,5 ms) stiegen, sanken die Werte bei der Kontrollgruppe auf 837,7 ms.

Ein höchst signifikanter Unterschied im Vergleich vor und nach dem Training ist in der Fatburner-Gruppe zu erkennen ($p = 0,001$).

Ebenso zeigten die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test hoch signifikante Unterschiede zwischen den Kursformen 1 und 2 vor dem Training (Vgl. Tab. 13).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
MW	vorher	**	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 13: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

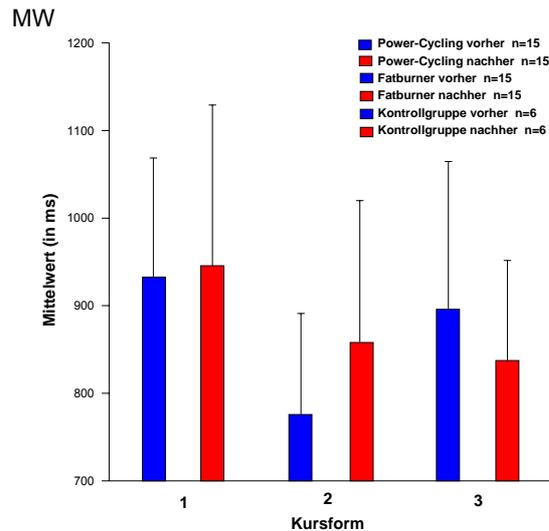


Abb. 25: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Herzfrequenzvariabilität vor und nach dem 2-monatigen Training

3.4.2 Tachogramm

Im Tachogramm stiegen beim pNN50 die Werte aller 3 Gruppen vor dem 2-monatigen Training von 17,3/min (Kursform 2: 7,2/min; Kursform 3: 11,5/min) auf Werte von 28,5/min (2: 10,7/min; 3: 19,0/min) nach dem Training. Parallel dazu stiegen auch die prozentualen Anteile von 16,7 % (2: 9,7 %; 3: 8,2 %) auf 27,7 % (2: 15,5 %; 3: 12,3 %).

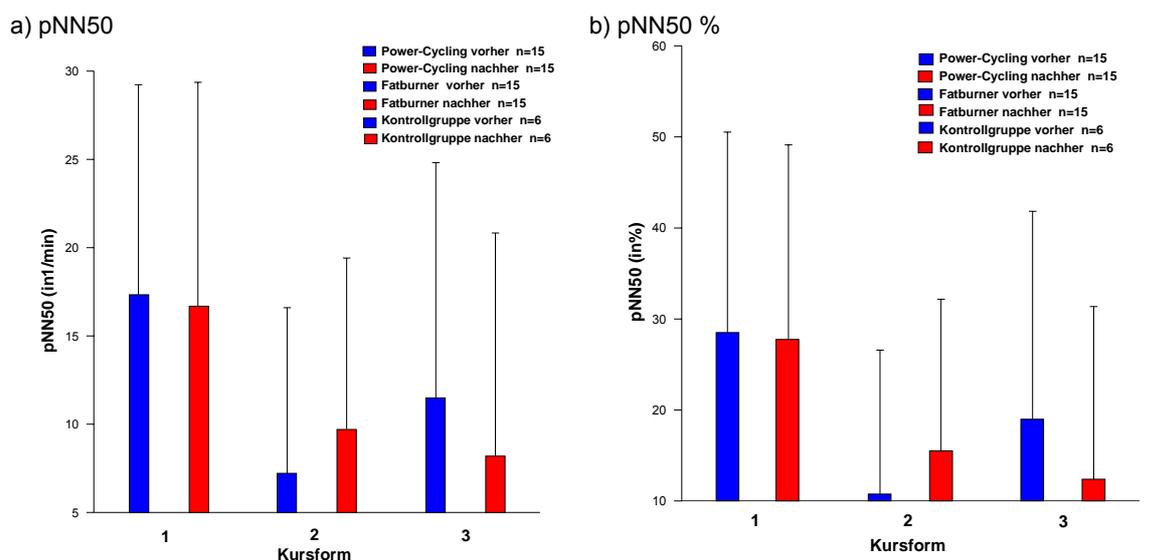


Abb. 26 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des pNN50 vor und nach dem 2-monatigen Training

Bei der RMS s.d. sanken die Werte im Power-Cycling-Kurs und in der Kontrollgruppe von 52,8 ms bzw. 36,2 ms auf 51,3 ms und 29,2 ms. Die Werte stiegen im Fatburner-

Kurs von 28,0 ms auf 34,6 ms. Passend dazu stiegen bzw. sanken die prozentualen Anteile von 5,3 % (2: 3,4 %; 3: 3,8 %) auf 5,2 % (2: 3,9 %; 3: 3,5 %).

Die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den Kursformen 1 und 2 vor dem Training (Vgl. Tab. 14).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
RMS s.d.	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
%	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 14: Ergebnisse der Interferenzstatistik der RMS s.d. vor und nach dem 2-monatigen Training

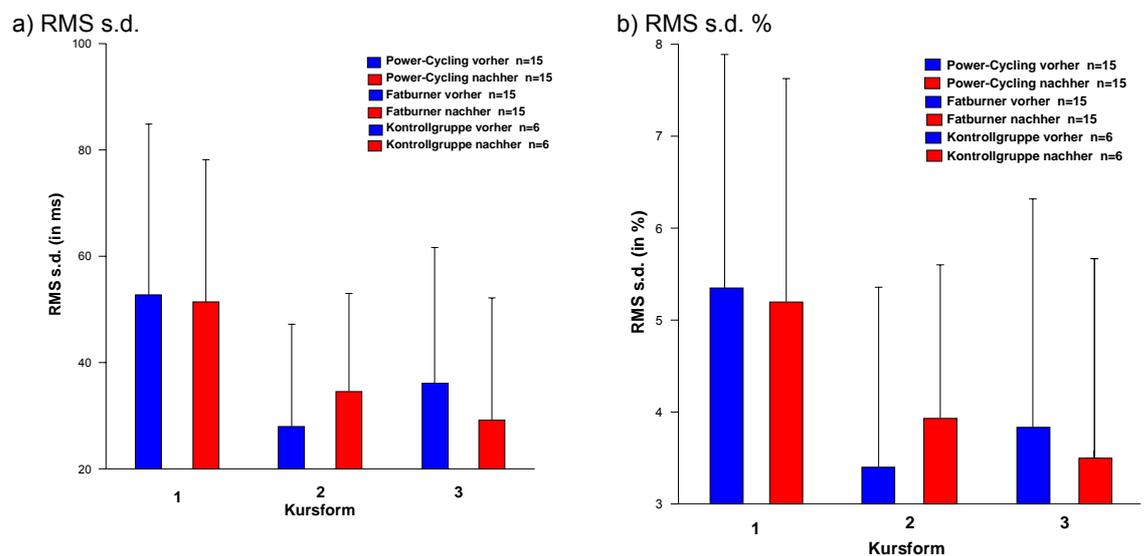


Abb. 27 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der RMS s.d. vor und nach dem 2-monatigen Training

3.4.3 Leistungsspektrum

Im Leistungsspektrum im Bereich der HF sanken die Werte im Power-Cycling-Kurs und in der Kontrollgruppe von 532,9 ms² bzw. 246,7 ms² auf 437,0 ms² und 123,0 ms². Die Werte stiegen im Fatburner-Kurs von 134,3 ms² auf 190,5 ms². Passend dazu sanken bzw. stiegen die prozentualen Anteile von 26,7 % (2: 19,0 %; 3: 19,3 %) auf 26,3 % (2: 23,7 %; 3: 15,8 %).

Es ist ein signifikanter Unterschied innerhalb des Fatburner-Kurses im Vergleich vor und nach dem Training zu erkennen. p beträgt 0,038 bzw. beim prozentualen Anteil 0,044.

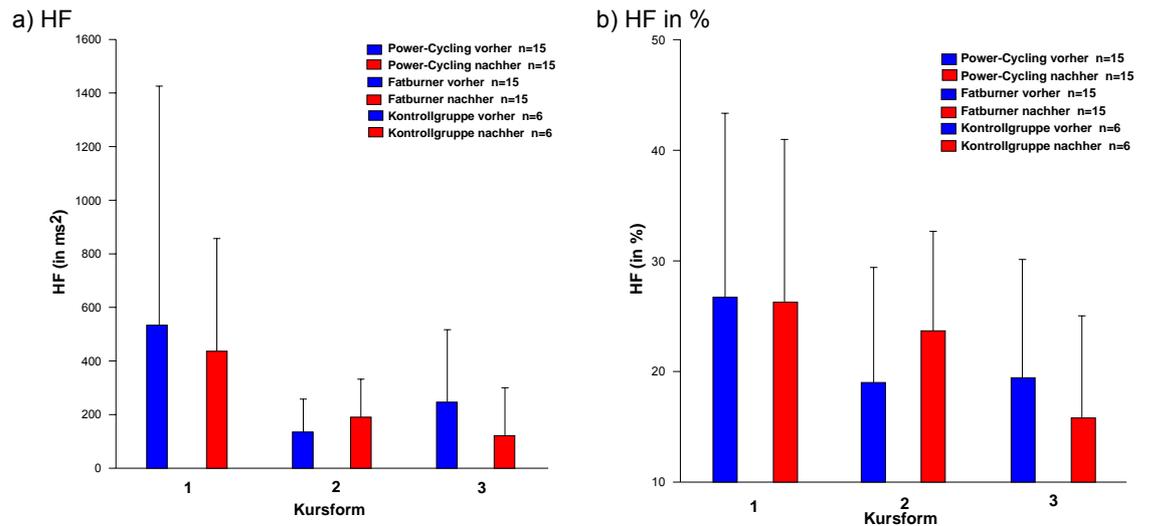


Abb. 28 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der hohen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

Im Bereich der LF sanken die Werte im Power-Cycling-Kurs und in der Kontrollgruppe von 429,1 ms² bzw. 353,8 ms² auf 388,0 ms² und 170,7 ms². Die Werte stiegen im Fatburner-Kurs von 134,3 ms² auf 190,5 ms². Parallel dazu sanken bzw. stiegen die prozentualen Anteile von 26,7 % (2: 19,0 %; 3: 19,3 %) auf 26,3 % (2: 23,7 %; 3: 15,8 %).

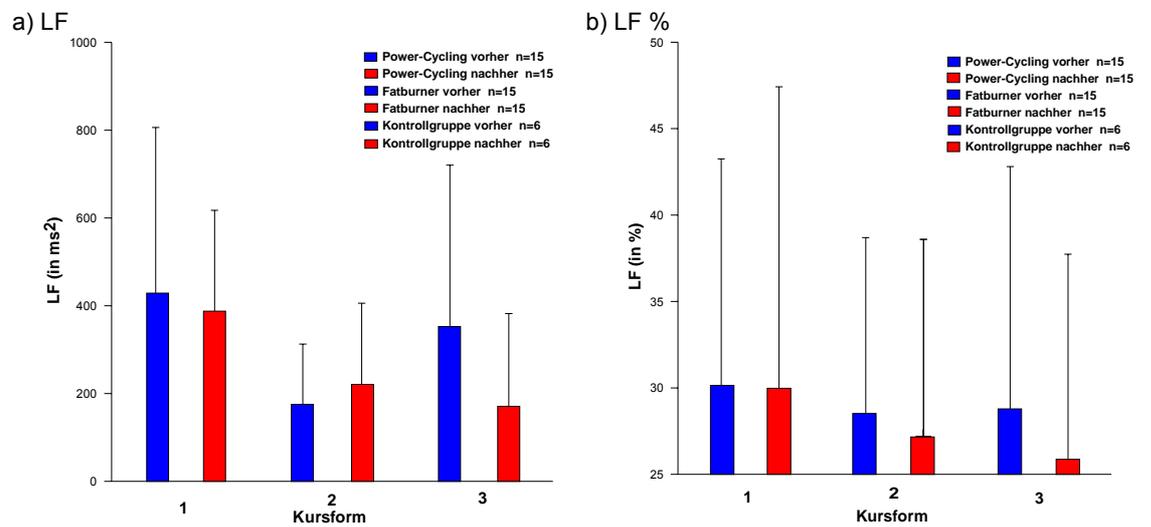
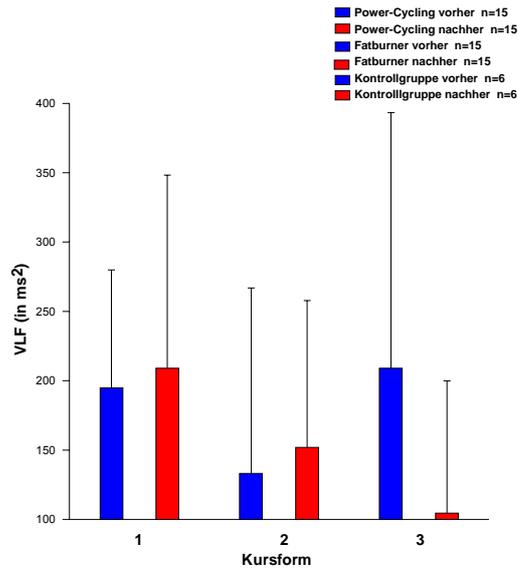


Abb. 29 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der niedrigen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

Im Bereich der VLF stiegen die Werte bei den Aktiven von 194,7 ms² (2: 132,9 ms²) auf 209,2 ms² (2: 152,1 ms²). In der Kontrollgruppe sanken die Werte von 208,8 ms² auf 104,7 ms². Dazu ergänzend sanken bzw. stiegen die prozentualen Anteile von 18,8 % (2: 22,4 %; 3: 24,7 %) auf 17,4 % (2: 21,8 %; 3: 16,8 %).

a) VLF



b) VLF %

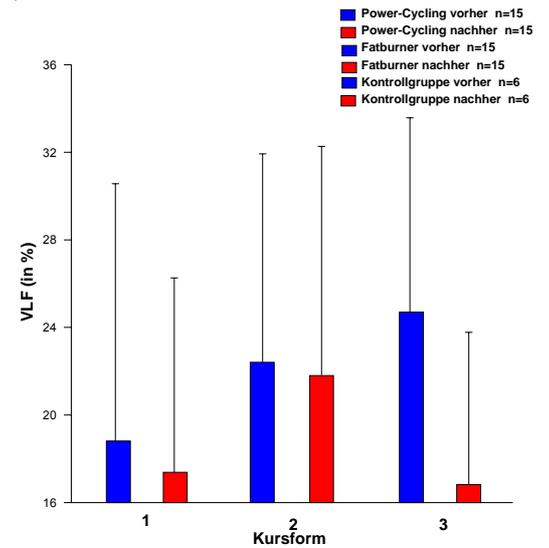


Abb. 30 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der sehr niedrigen Frequenzen während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

Der LF/HF stieg bei den Teilnehmern des Power-Cycling-Kurses und in der Kontrollgruppe von 1,7 (3: 1,9) auf 2,1 (3: 2,0). In der Fatburner-Gruppe sanken die Werte von 3,9 auf 1,7.

LF/HF

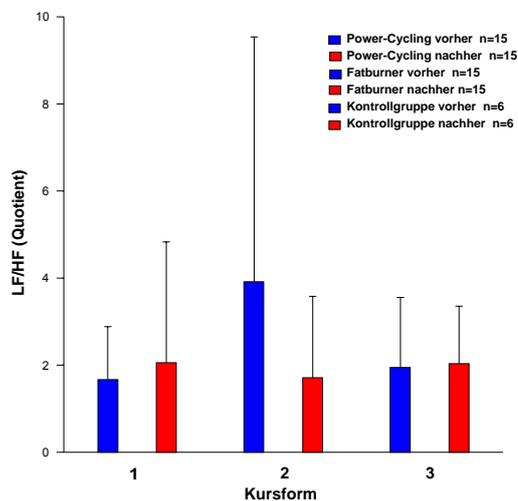


Abb. 31: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Quotienten aus der niedrigen Frequenz und der hohen Frequenz während der Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5 Auswertung der Kraftparameter vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.1 Quattro Jump

3.5.1.1 Durchschnittliche Kraft

In dem Power-Cycling-Kurs lag die durchschnittliche Kraft bei 22,61 Watt/kg (Kursform 2: 21,52 Watt/kg; Kursform 3: 22,68 Watt/kg), nach dem 2-monatigen Training lagen die Werte bei 23,31 Watt/kg (2: 22,29 Watt/kg; 3: 23,53 Watt/kg).

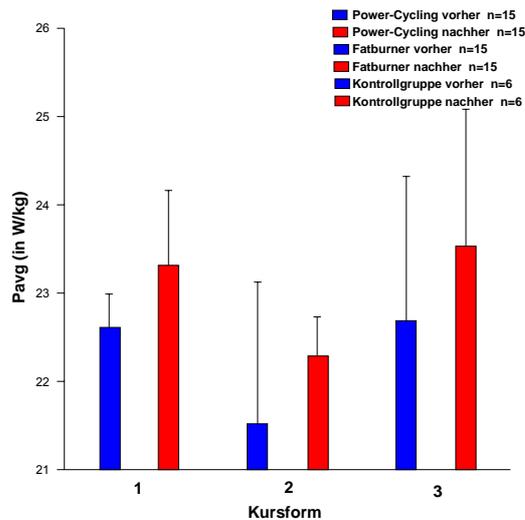


Abb. 32: Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Kraft während des Sprunges vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.1.2 Sprunghöhe

In dem Power-Cycling-Kurs lag die durchschnittliche Sprunghöhe bei 35,08 cm (Kursform 2: 33,39 cm; Kursform 3: 30,56), nach dem 2-monatigen Training lagen die Werte bei 36,92 cm (2: 35,70 cm; 3: 31,26 cm).

Insgesamt zeigte sich ein höchst signifikanter Unterschied der einzelnen Werte innerhalb der einzelnen Kurse im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training bei den Teilnehmern des Power-Cycling-Kurses ($p = 0,001$).

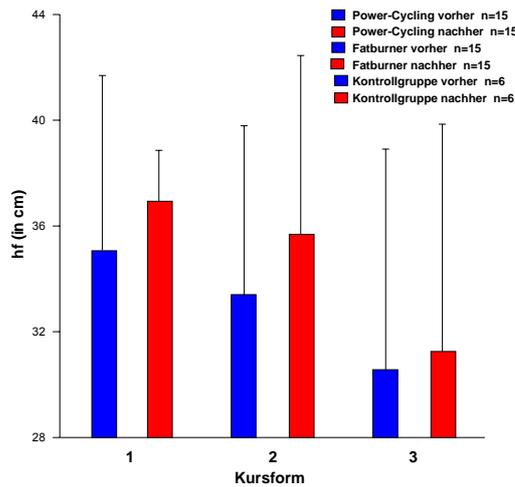


Abb. 33: Mittelwerte ± Standardabweichung der Sprunghöhe vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.1.3 Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik

In dem Power-Cycling-Kurs lag die Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik bei 1,20 %BW (Kursform 2: 1,17 %BW; Kursform 3: 1,35 %BW), nach dem 2-monatigen Training lagen die Werte bei 1,17 %BW (2: 1,20 %BW; 3: 1,33 %BW).

Dagegen zeigten die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test einen signifikanten und einen hoch signifikanten Unterschied der Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik zwischen den Kursformen 1 und 3 vor und nach dem Training (Vgl. Tab. 15).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Kraft b.Ü.v.E.z.K	vorher	n.s.	**	n.s.
	nachher	n.s.	*	n.s.

Tab. 15: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik vor und nach dem 2-monatigen Training

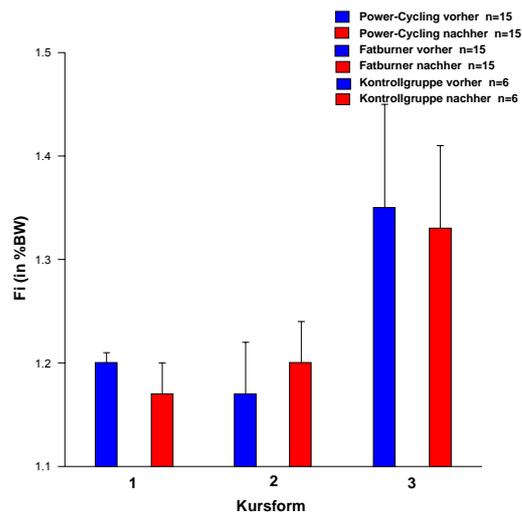


Abb. 34: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik während des Sprunges vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.2 Cybex

3.5.2.1 Isometrik

Das Drehmomentmaximum bei Extension lag in der Kursform 1 bei 2,23 Nm/kg KG (Kursform 2: 1,88 Nm/kg KG; Kursform 3: 1,88 Nm/kg KG). Nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 2,82 Nm/kg KG (2: 2,09 Nm/kg KG). Bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe sanken die Werte auf 1,68 Nm/kg KG.

Das Drehmomentmaximum bei Flexion zeigte ähnliche Tendenzen. Bei den aktiven Kursformen stiegen die Werte von 1,47 Nm/kg KG (2: 1,35 Nm/kg KG) auf 1,57 Nm/kg KG (2: 1,41 Nm/kg KG). Bei der passiven Gruppe sanken die Werte von 1,12 Nm/kg KG auf 0,98 Nm/kg KG.

Insgesamt zeigten sich bei allen Kursformen signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Kurse im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training. In der Power-Cycling-Gruppe war p bei der Extension sowie bei der Flexion = 0,000. Bei den Teilnehmern des Fatburner-Kurses war p bei der Extension = 0,006 und bei der Flexion = 0,007. Bei der Kontrollgruppe lag p bei 0,000 bzw. bei 0,024.

Auch die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede des Drehmomentmaximums der Isometrik zwischen allen verschiedenen Kursformen vor und nach dem Training (Vgl. Tab. 16).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Drehmomentmax. Extension	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	*
Drehmomentmax. Flexion	vorher	n.s.	***	*
	nachher	**	***	***

Tab. 16: Ergebnisse der Interferenzstatistik des Drehmomentmaximums bei Isometrik vor und nach dem 2-monatigen Training

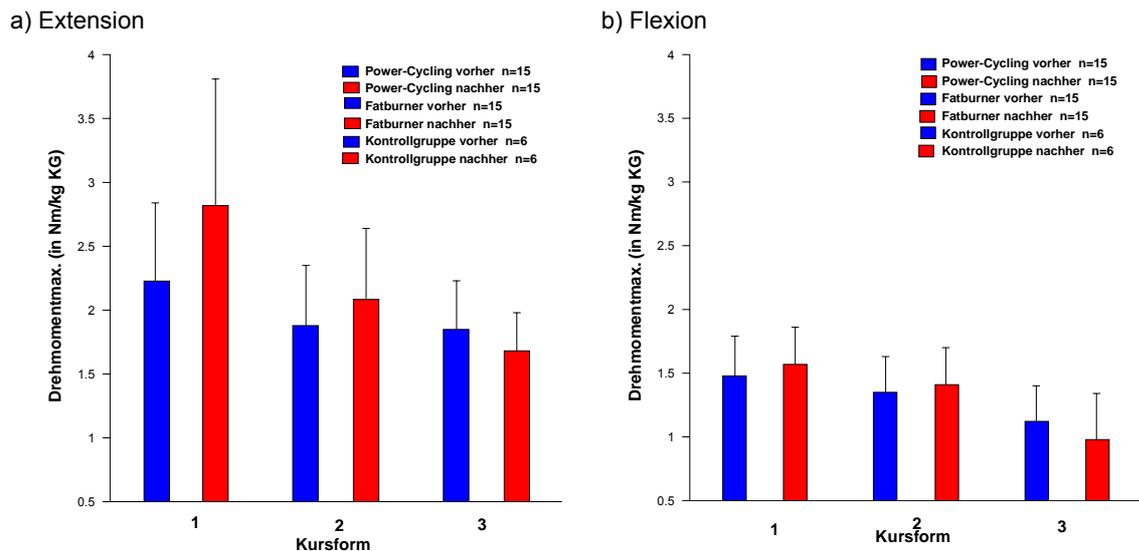


Abb. 35 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.2.2 Isokinetik

3.5.2.2.1 Drehmomentmaximum

Das Drehmomentmaximum bei Extension bei 60 Winkelgrad lag in der Kursform 1 bei 1,89 Nm/kg KG (Kursform 2: 1,76 Nm/kg KG; Kursform 3: 1,78 Nm/kg KG). Nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 2,16 Nm/kg KG (2: 1,81 Nm/kg KG). Bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe sanken die Werte auf 1,68 Nm/kg KG.

Das Drehmomentmaximum bei Flexion bei 60 Winkelgrad stieg von 1,41 Nm/kg KG (2: 1,27 Nm /kg KG; 3: 1,26 Nm /kg KG) auf 1,57 Nm/kg KG (2: 1,31 Nm/kg KG; 3: 1,40 Nm/kg KG).

Insgesamt zeigten sich höchst signifikante Unterschiede innerhalb des Power-Cycling-Kurses im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training. In der Kursform 1 war p bei der Extension = 0,001 und bei der Flexion = 0,000.

Ebenso zeigten die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede des Drehmomentmaximums der Isokinetik zwischen den Kursformen 1 und 2 und zwischen den Kursformen 1 und 3 vor und nach dem Training (Vgl. Tab. 17).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Drehmomentmax. Extension-60	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	n.s.
Drehmomentmax. Flexion-60	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	*	n.s.	n.s.
Drehmomentmax. Extension-180	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	n.s.
Drehmomentmax. Flexion-180	vorher	n.s.	*	n.s.
	nachher	***	*	n.s.
Drehmomentmax. Extension-300	vorher	**	*	n.s.
	nachher	***	***	n.s.
Drehmomentmax. Flexion-300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	*	**	n.s.

Tab. 17: Ergebnisse der Interferenzstatistik des Drehmomentmaximums bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training

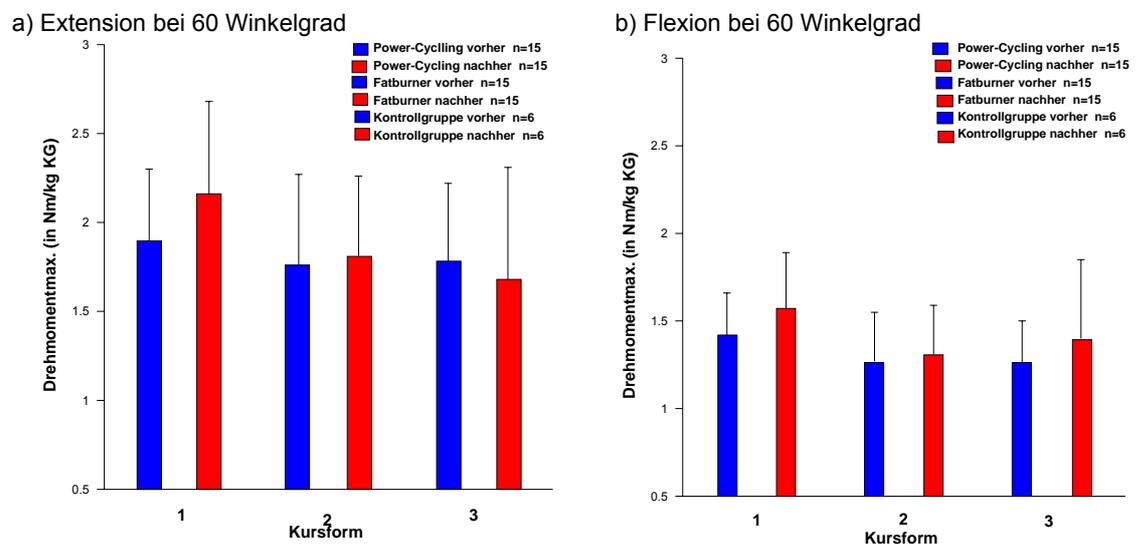


Abb. 36 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 60 Winkelgrad während der Übung a) bei Extension und b) bei Flexion vor und nach dem 2-monatigen Training

Das Drehmomentmaximum bei Extension bei 180 Winkelgrad lag in der Kursform 1 bei 1,21 Nm/kg KG (Kursform 2: 1,13 Nm/kg KG; Kursform 3: 1,12 Nm/kg KG). Nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 1,39 Nm/kg KG (2: 1,20 Nm/kg KG; 3: 1,22).

Das Drehmomentmaximum bei Flexion bei 180 Winkelgrad stieg von 0,98 Nm/kg KG (2: 0,90 Nm /kg KG; 3: 0,81 Nm /kg KG) auf 1,10 Nm/kg KG (2: 0,91 Nm/kg KG; 3: 0,94 Nm/kg KG).

Insgesamt zeigten sich höchst signifikante Unterschiede innerhalb des Power-Cycling-Kurses im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training. In der Kursform 1 war p bei der Extension sowie bei der Flexion = 0,000.

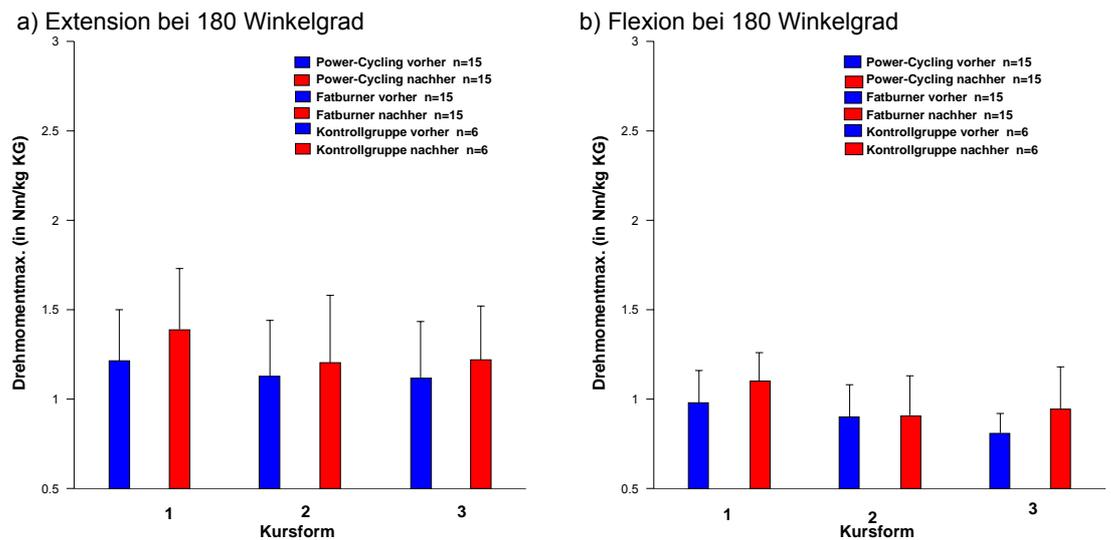


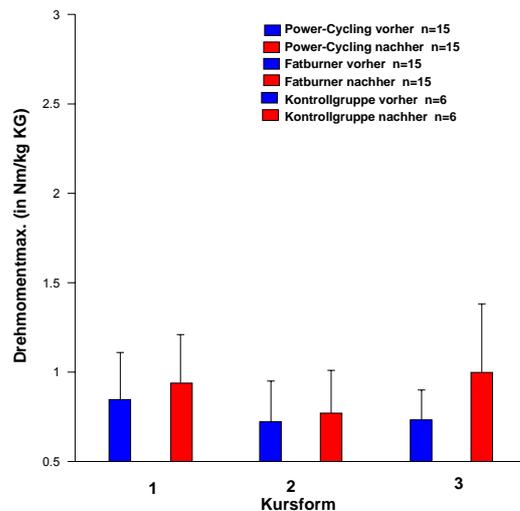
Abb. 37 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

Das Drehmomentmaximum bei Extension bei 300 Winkelgrad lag in der Kursform 1 bei 0,84 Nm/kg KG (Kursform 2: 0,72 Nm/kg KG; Kursform 3: 0,73 Nm/kg KG), nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 0,94 Nm/kg KG (2: 0,77 Nm/kg KG; 3: 1,00).

Das Drehmomentmaximum bei Flexion bei 300 Winkelgrad stieg beim Power-Cycling-Kurs von 0,66 Nm/kg KG auf 0,70 Nm/kg KG. In dem Fatburner und in der Kontrollgruppe sanken die Werte von 0,60 Nm /kg KG bzw. 0,60 Nm /kg KG auf 0,59 Nm/kg KG bzw. auf 0,52 Nm/kg KG.

Insgesamt zeigte sich ein hoch signifikanter Unterschied innerhalb des Power-Cycling-Kurses im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training. In der Kursform 1 war p bei der Extension = 0,009.

a) Extension bei 300 Winkelgrad



b) Flexion bei 300 Winkelgrad

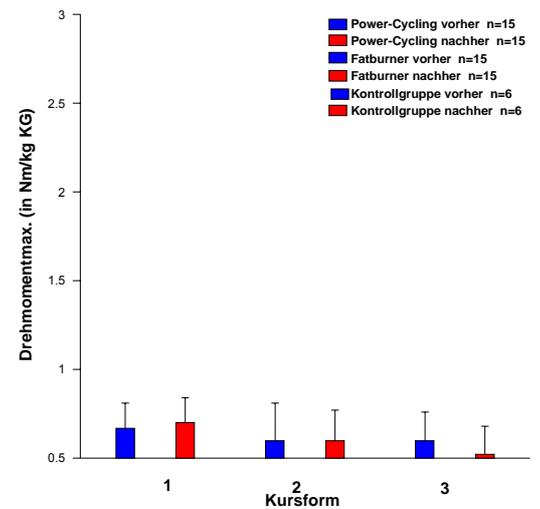


Abb. 38 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung des Drehmomentmaximums bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.2.2.2 Gesamtarbeit des Satzes

Bei Extension lagen die Werte der Gesamtarbeit des Satzes bei 60 Winkelgrad in der Kursform 1 bei 858,5 Joule (Kursform 2: 706,6 Joule; Kursform 3: 659,0 Joule) nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 912,9 Joule (2: 749,0 Joule). Die Werte der passiven Probanden sanken auf 577,1 Joule.

Bei Flexion sanken beim Power-Cycling-Kurs die Werte von 708,2 Joule (3: 480,7 Joule) auf 706,7 Joule (3: 436,3 Joule). In dem Fatburner stiegen die Werte von 555,1 Joule auf 591,0 Joule.

Insgesamt zeigte sich ein signifikanter Unterschied innerhalb der Kontrollgruppe im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training bei der Extension, p betrug 0,021.

Ebenso zeigten die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede in der Gesamtarbeit des Satzes zwischen allen Kursformen vor und nach dem Training (Vgl. Tab. 18).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Gesamtarbeit Extension-60	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	**	n.s.
Gesamtarbeit Flexion-60	vorher	*	*	n.s.
	nachher	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtarbeit Extension-180	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	*	n.s.
Gesamtarbeit Flexion-180	vorher	n.s.	**	n.s.
	nachher	n.s.	**	n.s.
Gesamtarbeit Extension-300	vorher	*	***	n.s.
	nachher	*	***	n.s.
Gesamtarbeit Flexion-300	vorher	n.s.	*	n.s.
	nachher	*	***	*

Tab. 18: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Gesamtarbeit des Satzes bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training

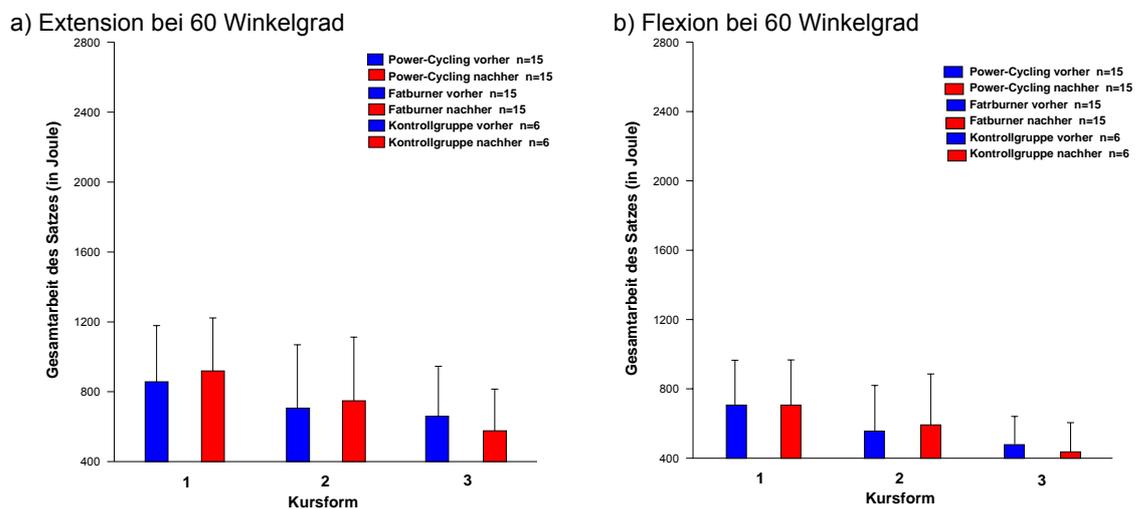


Abb. 39 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 60 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

Bei Extension lagen die Werte der Gesamtarbeit des Satzes bei 180 Winkelgrad in der Kursform 1 bei 1769,9 Joule (Kursform 2: 1457,2 Joule; Kursform 3: 1344,3 Joule) nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 1824,8 Joule (2: 1492,9 Joule). Die Werte der passiven Probanden sanken auf 1171,5 Joule.

Bei Flexion stiegen die Werte von 1322,3 Joule (2: 1136,7 Joule; 3: 760,2 Joule) auf 1418,9 Joule (2: 1182,8 Joule; 3: 893,8 Joule).

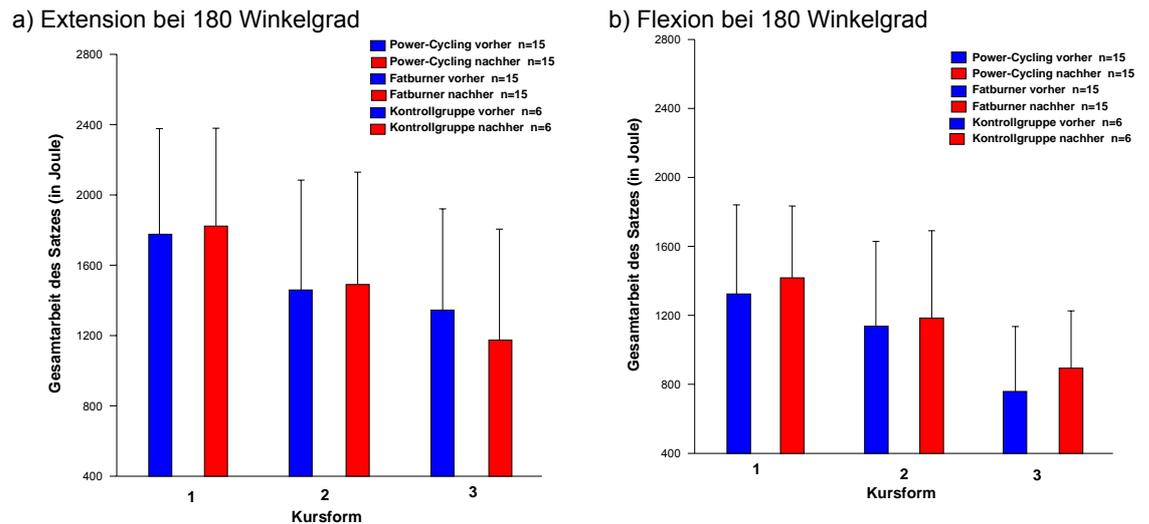


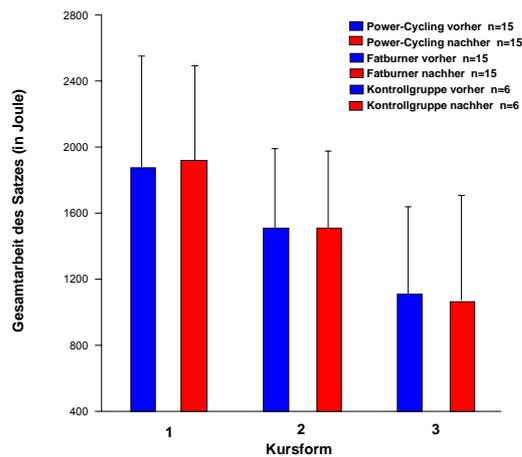
Abb. 40 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

Bei Extension lagen die Werte der Gesamtarbeit des Satzes bei 300 Winkelgrad in der Kursform 1 bei 1876,6 Joule (Kursform 2: 1507,4 Joule; Kursform 3: 1107,8 Joule) nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte im Power-Cycling-Kurs auf 1922,1 Joule (2: 1512,3 Joule). Die Werte der passiven Probanden sanken auf 1074,1 Joule.

Bei Flexion stiegen die Werte von 1490,5 Joule (2: 1238,3 Joule) auf 1597,7 Joule (2: 1243,7 Joule), während die Werte der Kontrollgruppe von 1007,3 Joule auf 768,6 Joule sanken.

Insgesamt zeigten sich signifikante und hoch signifikante Unterschiede innerhalb der Kontrollgruppe im Vergleich vor und nach dem 2-monatigen Training bei Extension und Flexion. P beträgt 0,010 und 0,041.

a) Extension bei 300 Winkelgrad



b) Flexion bei 300 Winkelgrad

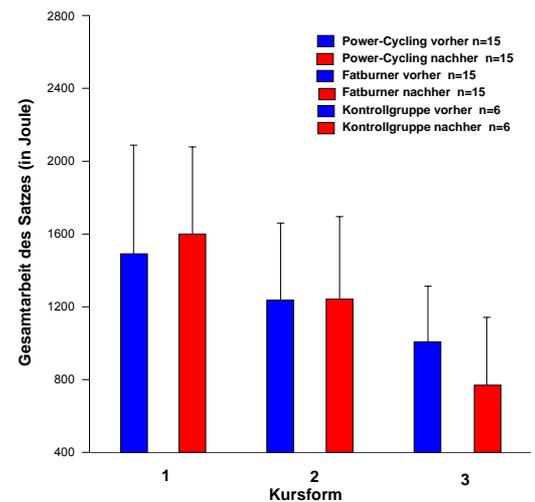


Abb. 41 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der Gesamtarbeit des Satzes bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.5.2.2.3 Durchschnittliche Leistung

Bei der durchschnittlichen Leistung lagen die Werte bei Extension und bei 60 Winkelgrad in der Kursform 1 bei 1,18 Watt/kg KG (Kursform 2: 1,03 Watt/kg KG; Kursform 3: 1,08 Watt/kg KG), nach dem 2-monatigen Training stiegen die Werte in den einzelnen Kursen auf 1,40 Watt/kg KG (2: 1,13 Watt/kg KG; 3: 1,16 Watt/kg KG). Bei Flexion stiegen die Werte von 0,93 Watt/kg KG (2: 0,86 Watt/g KG) auf 1,03 (2: 0,88 Watt/kg KG), während die Werte der Kontrollgruppe von 0,83 Watt/kg KG auf 0,82 Watt/kg KG sanken.

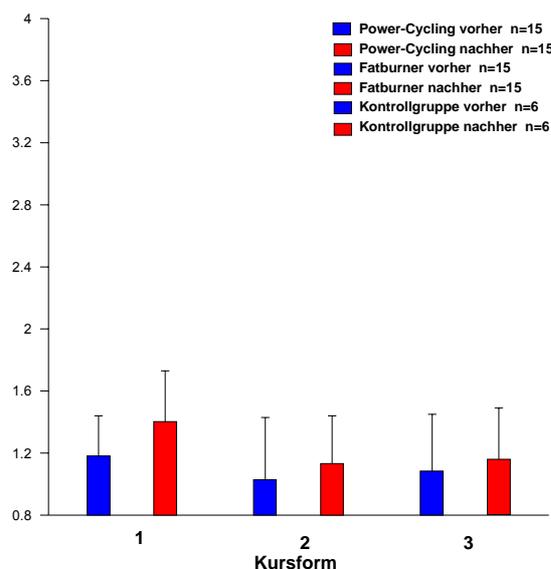
Es zeigten sich höchst signifikante Unterschiede innerhalb des Power-Cycling-Kurses vor und nach dem 2-monatigen Training. Sowohl bei Extension als auch bei Flexion beträgt p 0,000.

Ebenso zeigten die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test signifikante, hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede in der Leistung zwischen den Kursformen 1 und 2 und zwischen den Kursformen 1 und 3 vor und nach dem Training (Vgl. Tab. 19).

		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Leistung Extension-60	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	**		n.s.
Leistung Flexion-60	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	n.s.
Leistung Extension-180	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	**	*	n.s.
Leistung Flexion-180	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	n.s.
Leistung Extension-300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	**	***	n.s.
Leistung Flexion-300	vorher	***	***	n.s.
	nachher	***	***	n.s.

Tab. 19: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Leistung bei Isokinetik vor und nach dem 2-monatigen Training

a) Extension bei 60 Winkelgrad



b) Flexion bei 60 Winkelgrad

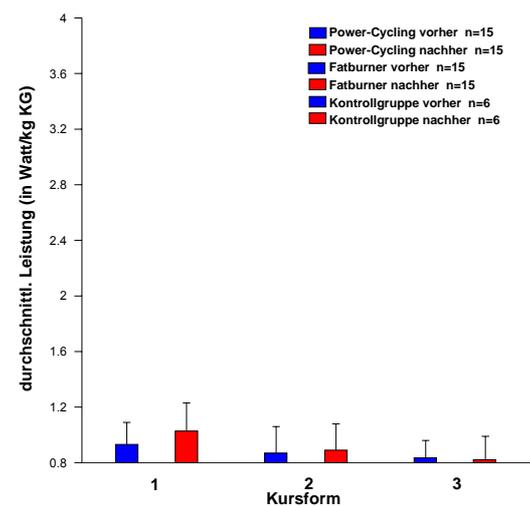


Abb. 42 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 60 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

Die Werte bei Extension und bei 180 Winkelgrad stiegen in allen 3 Kursformen von 2,08 Watt/kg KG (Kursform 2: 1,79 Watt/kg KG; Kursform 3: 1,80 Watt/kg KG) auf 2,45 Watt/kg KG (2: 1,89 Watt/kg KG; 3: 1,87 Watt/kg KG) nach dem Training.

Bei Flexion stiegen die Werte ebenfalls in allen Kursformen von 1,75 Watt/kg KG (2: 1,51 Watt/kg KG; 3: 1,37 kg KG) auf 1,93 Watt/kg KG (2: 1,52 Watt/kg KG; 3: 1,40 Watt/kg KG).

Hoch signifikante und höchst signifikante Unterschiede ließen sich innerhalb des Power-Cycling-Kurses vor und nach dem 2-monatigen Training sowohl bei Extension als auch bei Flexion nachweisen, wo $p = 0,000$ bzw. $0,003$.

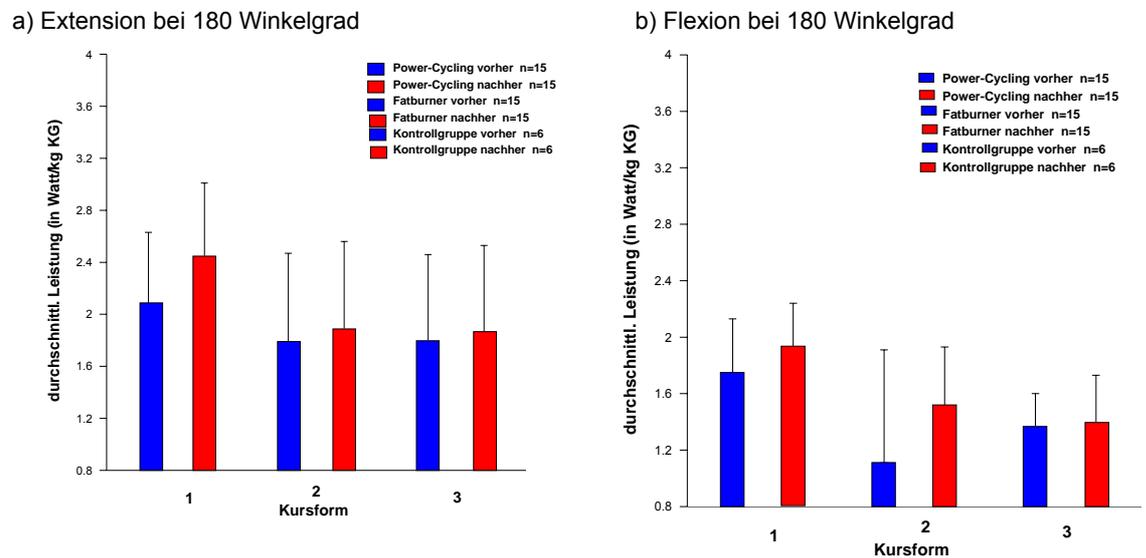


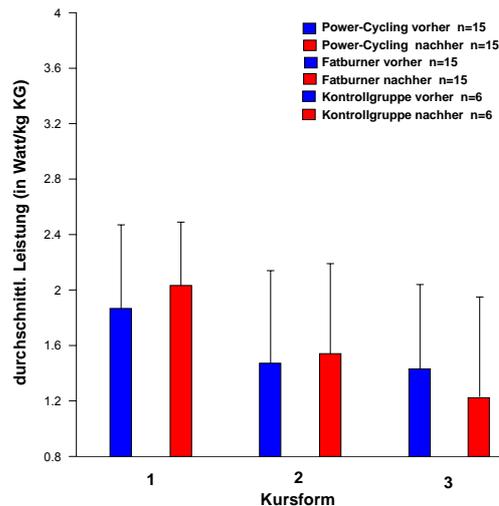
Abb. 43 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 180 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

Die Werte bei Extension und bei 300 Winkelgrad stiegen in den beiden aktiven Kursformen von 1,86 Watt/kg KG (Kursform 2: 1,47 Watt/kg KG; Kurs) auf 2,03 Watt/kg KG (2: 1,54 Watt/kg KG) nach dem Training. In der Kontrollgruppe sanken die Werte von 1,43 Watt/kg KG auf 1,23 Watt/kg KG.

Bei der Flexion stiegen die Werte in den aktiven Kursformen von 1,59 Watt/kg KG (2: 1,27 Watt/kg KG) auf 1,67 Watt/kg KG (2: 1,30 Watt/kg KG). Bei den Passiven sanken die Werte von 1,13 Watt/kg KG auf 0,95 Watt/kg KG.

Insgesamt ließ sich mit $p = 0,041$ ein signifikanter Unterschied innerhalb des Power-Cycling-Kurses vor und nach dem 2-monatigen Training bei Extension nachweisen.

a) Extension bei 300 Winkelgrad



b) Flexion bei 300 Winkelgrad

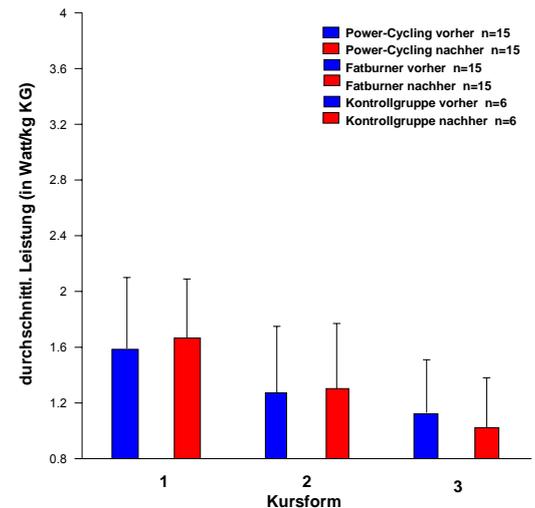


Abb. 44 a,b: Mittelwerte \pm Standardabweichung der durchschnittlichen Leistung bei 300 Winkelgrad a) bei Extension und b) bei Flexion während der Übung vor und nach dem 2-monatigen Training

3.6 Körpergewicht, BMI und Leistung vor und nach dem 2-monatigen Training

Das Körpergewicht sank jeweils in allen Kursen. Bei der Power-Cycling-Gruppe von 79,5 kg (Kursform 2: 75,1 kg; Kursform 3: 71,7 kg) auf 79,1 kg (2: 74,7 kg; 3: 70,7 kg) nach dem Training.

Der BMI sank von 24,0 (2: 23,3; 3: 23,9) auf 23,9 (2: 23,2; 3: 23,4).

Die Leistung stieg in den aktiven Kursformen von 232,4 Watt (2: 197,0 Watt) auf 251,4 (2: 210,5 Watt), während in der Kontrollgruppe die Leistung von 176,3 Watt auf 175,0 Watt abnahm.

Beim Körpergewicht ließ sich ein signifikanter Unterschied innerhalb der Kontrollgruppe vor und nach dem 2-monatigen Training feststellen, p beträgt 0,041.

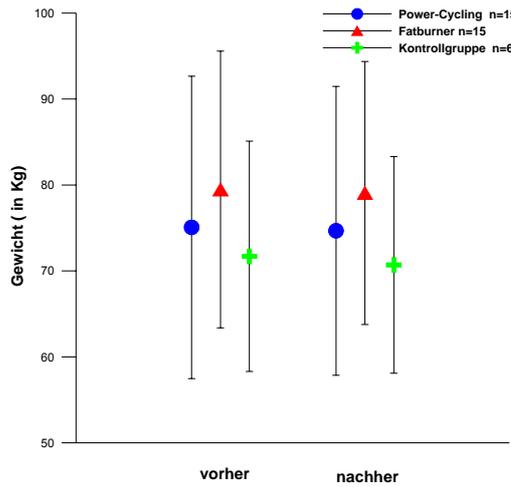
Innerhalb der einzelnen Gruppen der Aktiven ist bei der Leistung $p = 0,06$ (2: 0,033), somit signifikant.

Die einfaktorielle ANOVA und der anschließende BONFERRONI-Test zeigten signifikante Unterschiede in der Leistung auf dem Ergometer zwischen den Kursformen 1 und 3 nach dem Training (Vgl. Tab. 20).

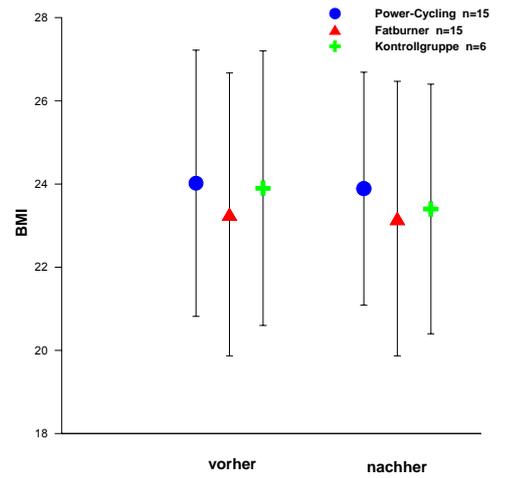
		1 - 2	1 - 3	2 - 3
Leistung	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher	n.s.	*	n.s.

Tab. 20: Ergebnisse der Interferenzstatistik der Leistung auf dem Ergometer vor und nach dem 2-monatigen Training

a) Körpergewicht



b) BMI



c) Leistung

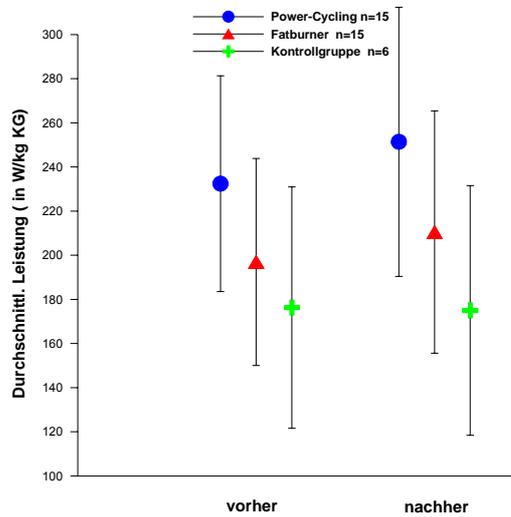


Abb. 45 a: Mittelwerte ± Standardabweichung des Körpergewichtes vor und nach dem 2-monatigen Training

Abb. 45 b: Mittelwerte ± Standardabweichung des BMI vor und nach dem 2-monatigen Training

Abb. 45 c: Mittelwerte ± Standardabweichung der Leistung vor und nach dem 2-monatigen Training

4. Diskussion

4.1 Methodenkritische Anmerkungen

4.1.1 Probandengut

Bei den Aktiven, also der Power-Cycling-Gruppe und der Fatburner-Gruppe, handelte es sich um 16 weibliche Probanden und um 14 männliche Probanden. Bei der Kontrollgruppe handelte es sich um 3 weibliche Probanden und um 3 männliche Probanden. Die Spannbreite des Alters lag zwischen 21 und 53 Jahren. Folglich bestand eine Inkongruenz der Gruppen. Aufgrund des altersbedingten unterschiedlichen Adaptionspotentials und der geschlechtsspezifischen Leistungsfähigkeit hinsichtlich der zu untersuchenden Parameter ist es schwierig, eindeutige Aussagen über diese zu machen [50, 71, 15]. Durch das Matching anhand der Variablen Alter, Gewicht, Geschlecht und Leistung zu Beginn der Studie konnten Unterschiede gering gehalten werden und gelten somit für den weiteren Verlauf der Studie als irrelevant.

4.1.2 Leistungsparameter

4.1.2.1 Herzfrequenz- und Laktatmessung

Je nach unmittelbar vor der Belastung aufgenommenen Ernährung (Zucker, Kohlenhydrate) können die Laktatwerte und die Herzfrequenz höher ausfallen. Wird die Belastung jedoch nüchtern durchgeführt, können die Werte erniedrigt sein. Den Probanden wurde nahe gelegt, nicht direkt vor der Belastung Nahrung zu sich zu nehmen. Diese Maßnahme führt dazu, dass der Störfaktor im Folgenden vernachlässigt werden kann.

Für den Faktor Tagesperiodik gilt Folgendes: Die Leistungsfähigkeit unterliegt einer Periodik im Tagesverlauf, deswegen sollten die Tests stets zur selben Tageszeit durchgeführt werden [13]. Dies war aufgrund der Anzahl der Teilnehmer und der jeweiligen Zeitproblematik nicht immer realisierbar. Die Einflussgröße zirkardiane Rhythmik der Leistungsfähigkeit konnte jedoch sehr klein gehalten werden, so dass auch dieser Parameter im Weiteren vernachlässigt werden kann.

Das Laktatmaximum bzw. der Laktatabbau stellt sich erst verzögert ein [99]. Beim Überschreiten der anaeroben Schwelle kommt es zur Laktatakkumulation, welche je nach Leistungszustand des Probanden bis zu 10 Minuten nach Abbruch der Belastung

auf ein Maximum steigen kann. Entsprechend verzögert erfolgt der Laktatabbau in der Erholungsphase der Ein- und Ausgangsuntersuchung. Die Messungen der Erholungsphase repräsentierten folglich zu hohe Werte. Dies ist in der Ergebnisbesprechung zu beachten.

4.1.2.2 Spirometrie

Die in dieser Studie untersuchten spirometrischen Parameter unterliegen während körperlicher Belastung systematischen Schwankungen, die vorwiegend von der Belastungsintensität abhängig sind. Auch hier müssen das Ernährungsverhalten und die Vorbelastungen berücksichtigt werden [116]. (s. 4.1.2.1)

Die Maske, welche bei der Leistungsdiagnostik für die Spirometrie auf Mund und Nase gesetzt wurde, wirkte sich bei einigen Probanden auf die physiologischen Parameter aus [68]. Wenige Ergebnisse waren höher als erwartet, wie z.B. ein durch eine auftretende Hyperventilation vergrößerter RQ [29]. Aufgrund der geringen Anzahl dieser Ausreißer gilt dieser Parameter als nicht weiter erwähnenswert.

4.1.3 Gesundheitsparameter

4.1.3.1 Lipidmetabolismus

Während der Cholesterinspiegel ziemlich stabil ist, unabhängig davon, wann der Proband zuletzt gegessen hat, steigen die freien Triglyceride nach dem Essen sehr schnell an [154]. Die bevorzugte Messung der untersuchten Werte erfolgt optimalerweise nach einer 14-stündigen Nahrungskarenz [6]. Obgleich Vorschriften über die Nahrungsaufnahme (s. 4.1.2.1) bestanden, zeigten sich große inter- und intrapersonelle Unterschiede bzgl. der Werte vor und nach dem 2-monatigen Training.

4.1.3.2 Herzfrequenzvariabilitätsmessung

Die Parameter der HRV sind empfindlich für äußere Störungen, welches die Interpretation teilweise schwierig macht. Die Rede ist hier u.a. von der Atmung [89, 126], der Nahrungsaufnahme, dem Stress [30], dem Schlaf und dem Nikotinkonsum.

Den Teilnehmer dieser Studie wurde vor der Messung eine 5-minütige Entspannungszeit zur Einstellung einer ruhigen und entspannten Bauchatmung eingeräumt.

Weiter liegen Hinweise für geschlechtsspezifische Unterschiede in der HRV- Messung vor [42, 59, 85], welchen durch das Matching aus dem Weg gegangen wurde.

4.1.4 Kraftparameter

4.1.4.1 Beinkraft

In dieser Studie wurden isokinetische und isometrische Kraftmessungen mit einem gemischten Probandengut durchgeführt, ohne auf geschlechtsspezifische Unterschiede einzugehen. Die Muskelkraft des Mannes ist im Mittel stärker trainierbar als die der Frau [29]. Diese Gegebenheit ist durch das Matching nicht weiter relevant.

4.1.4.2 Sprungkraft

Da die Leistungsfähigkeit im Bereich der Sprungkraftmessung einem periodischen Tagesablauf unterliegt, sollte auch diese Messung jeweils zur gleichen Tageszeit durchgeführt werden, was aufgrund terminlicher Probleme der Probanden nicht immer möglich war. Dieser Störfaktor jedoch konnte sehr klein gehalten werden und zeigt somit keine weitere Bedeutung für den weiteren Verlauf der Studie.

4.1.5 Trainingssteuerung

Bei der Trainingssteuerung ist zu beachten, dass die Pausen zwischen den einzelnen Belastungsformen bei jeder einzelnen Trainingseinheit sehr kurz gewählt waren und somit zu einer Laktatakkumulation während der folgenden Belastungsstufen führten, somit waren die Werte der einzelnen aufeinander folgenden Belastungsstufen nicht mehr exakt zu messen. Eine genaue Analyse bzw. eine Belastungssteuerung allein durch die verschiedenen Belastungsstufen war folglich nicht möglich.

4.2 Ergebnisdiskussion

4.2.1 Leistungsparameter

4.2.1.1 Herzfrequenz

Über die Beziehung zwischen körperlichem Training und der Herzfrequenz unter Einbeziehung aller Einflussgrößen diskutierten bereits viele Studien [u.a. 20, 64, 72, 80].

Den Ergebnissen dieser Studie zufolge scheint ein 2-monatiges Indoor-Cycling-Training sowohl im Power-Cycling-Kurs als auch im Fatburner-Kurs sich nicht signifikant auf die Herzfrequenz im Ergometertest auszuwirken. Der Fatburner-Kurs zeigte nach dem Training im Vergleich zu vor dem Training während der einzelnen Belastungsstufen eine Tendenz zu niedrigeren Herzfrequenzwerten. Nach 6-minütiger Erholungsphase lag ein signifikanter Unterschied bzgl. der Herzfrequenz in diesem Kurs im Vergleich vor und nach dem Training vor.

Die Herzfrequenz verhält sich unabhängig von Geschlecht, Alter und Fitnesszustand linear zur Sauerstoffaufnahme [64, 107, 19]. Beide Parameter zeigen einen linearen Verlauf bei ansteigender Leistung [64, 107, 131, 137].

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen keine eindeutigen Ergebnisse bzgl. dieses Parameters. Limitiert durch ihre Muskelkraft, war es nicht allen Probanden möglich, während der Belastung auf dem Fahrradergometer ihre maximale Herzfrequenz zu erreichen. Ein Fettverbrennungstraining wie es in der heutigen Zeit propagiert wird und hier untersucht wird, reicht folglich in diesem Umfang (2x 1 Std. pro Woche über 2 Monate) und bei der vorgegebenen Intensität nicht aus, um durchgehend eine Senkung der Herzfrequenz bei Belastung zu erreichen, folglich zu einer Ökonomisierung des Herz-Kreislauf-Systems zu führen. Die Power-Cycling-Gruppe wies dagegen eine eindeutige Steigerung der Beinkraft auf (siehe 4.2.2.1), konnte stets auf dem Ergometer bis an ihre Grenzen gehen und somit ihre maximale Herzfrequenz erreichen. Jedoch scheint auch das ständige anaerobe Training am Limit der eigenen Herzfrequenz über diesen Zeitraum nicht zu einer Ökonomisierung des Herz-Kreislauf-Systems zu führen [41]. Da es sich bei den Probanden um Anfänger handelte, ist bei einem ständigen „auspowernden“ Training, wie es hier vollzogen wurde, bei höherem Trainingsumfang wegen des Phänomens des Übertrainings sogar eher mit einer erhöhten Herzfrequenz bei niedriger Leistung zu rechnen als mit einer Ökonomisierung derer.

4.2.1.2 Laktatwerte

Der Laktatwert gilt als wichtiger Parameter zur Beurteilung der Nutzung des aeroben und des anaeroben Stoffwechsels [133, 143]. Es bewiesen u.a. CAFARELLI ET AL (1995) und HOLLMANN & HETTINGER (1990), dass ein regelmäßig ausgeführtes Ausdauertraining jeder Intensität zu einer Senkung der Laktatwerte führt. Spezifisch über die Laktatwerte bei der Fahrradergometrie diskutierten z.B. HEID ET AL (1987) und FUTOSHI ET AL (2000).

Bei den Laktatwerten zeigten sich in den Ergebnissen keine signifikanten Unterschiede in den 3 Gruppen.

Erwartungsgemäß zeigten sich in dieser Studie bei der Power-Cycling-Gruppe im Vergleich zu vor dem Training Tendenzen zu niedrigeren Laktatwerten auf dem Ergometer. Die Probanden konnten nach dem Training bei höheren Belastungsstufen noch im aeroben Bereich arbeiten, was eher auf die Kraftzunahme der Beinmuskulatur als auf das Training des Energiestoffwechsels zurückzuführen ist (s. 4.2.2.1). Der Trainingsreiz in der Fatburner-Gruppe reichte offensichtlich nicht aus, war zu niedrig gewählt, um eine Verbesserung des Stoffwechsels zu erreichen. Dementsprechend zeigte sich in dieser Gruppe auch keine signifikante Kraftzunahme der Beinmuskulatur. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der Laktatspiegel nicht nur von der Laktatproduktion, sondern ebenfalls von der Eliminationskapazität verschiedener Organe abhängig ist. In Ruhe erfolgt die Remetabolisierung überwiegend im Skelettmuskel. Längere submaximale Belastung führt zu einer Zunahme der Laktatelimination (glukoneogenetische Laktatelimination) in der Leber. Bei einem weiteren Anstieg der Belastung tritt das Herz zur Verwertung des akkumulierten Laktats in den Vordergrund, was somit als Zeichen der erhöhten Laktatelimination über die Produktionsrate hinaus zur charakteristischen Senke in der Laktatbelastungskurve sichtbar wird [17, 34, 156, 69], welche hier jedoch nur in der Fatburner-Gruppe zu erkennen ist.

Der Zeitraum von 2 Monaten war für signifikante Ergebnisse zu kurz gewählt [63]. Die leichte Verbesserung der Kontrollgruppe war nicht signifikant und lässt sich aus sportmedizinischer Sicht nur durch eine Ökonomisierung der Bewegung, durch die Gewöhnung an die Situation auf dem Ergometer, erklären.

4.2.1.3 RPE-Werte

Im Bereich der RPE-Werte zeigte sich im Fatburner-Kurs eine signifikante Veränderung bei 200 Watt. Der Power-Cycling-Kurs zeigte keine signifikante Veränderung, jedoch eine Tendenz zu niedrigeren RPE-Werten. Aufgrund der körperlichen Adaption an die Leistungsanforderungen empfanden die Teilnehmer im Durchschnitt die Belastungsstufe 200 Watt nicht mehr als sehr schwer sondern als schwer.

In der Studie von LEE ET AL (2003) ließ sich eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen den RPE-Werten, also der relativen Intensität der körperlichen Anstrengung der Probanden, und dem relativen Risiko, an einer KHK zu erkranken, erkennen. Je schwerer die Teilnehmer ihre alltägliche körperliche Aktivität einschätzten, desto geringer fiel das Risiko einer KHK aus. Außerdem zeigt die Borg-Skala, welche eine Messung zu individueller Anstrengung ist, eine gute Korrelation mit der Herzfrequenz. Oft wird jedoch über die Effektivität dieser Methode diskutiert [155, 134].

Da es hier bei einzelnen Teilnehmern zu einem Unterschätzen der physiologischen Parameter, folglich zu einer Überschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit, kam, reicht das subjektive Belastungsempfinden zur Intensitätssteuerung in einem Indoor-Cycling-Kurs nicht aus. Die Kontrolle über die Herzfrequenzmessung und zusätzlich eine objektive Kontrolle durch den Trainer ist notwendig.

4.2.1.4 Absolute und relative Sauerstoffaufnahme

Ein Durchschnittsmann erreicht eine maximale O_2 -Aufnahme im Mittel von 3300ml/min (Spitzensportler: über 6000ml/min), die Frau einen Wert von 2200 ml/min (4500ml/min) [64]. Der beste Mann des Power-Kurses erreichte eine maximale O_2 -Aufnahme von 4933,13 ml/min, die beste Frau 3697,12 ml/min. In dem Fatburner-Kurs lagen die Werte bei 4458,25 ml/min bzw. bei 2753,74 ml/min. Der Durchschnittswert der Männer im Power-Kurs lag bei 3886,91 ml/min und bei den Frauen bei 2745,13 ml/min. In dem Fatburner-Kurs waren die Werte im Durchschnitt etwas niedriger (3210,22 bzw. 2267,65 ml/min). Folglich weisen die durchschnittlichen Ergebnisse der Power-Cycling-Gruppe auf eine mehr als durchschnittliche Leistungsfähigkeit hin, während die Ergebnisse des Fatburner-Kurses durchschnittliche Werte aufweisen.

Die Sauerstoffaufnahme vollzieht bei ansteigender Leistung einen linearen Verlauf [64, 99, 137, 131, 77], bis es bei maximaler Belastung zum Levelling-off-Phänomen und somit zu keinem weiteren Anstieg der Sauerstoffaufnahme kommt.

Ein kontinuierliches Training leicht unter bzw. über der aerob-anaeroben Schwelle führt zu einer signifikanten Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme [160, 10, 44, 99]. Im Laufe eines Ausdauertrainings nimmt die maximale O_2 -Aufnahme als Ausdruck der gesteigerten Leistungsfähigkeit zu [65], sie kann u.a. durch folgende physiologischen Größen limitiert werden [29, 64]:

Intern:

- Ventilation und Gasaustausch in der Lunge
- Transportleistung des Kreislaufs und O_2 -Transportkapazität des Blutes
- Blutversorgung in der Muskulatur und Gasaustausch im Muskel
- Ernährungszustand
- dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur
- Total-Hämoglobin-Gehalt

Extern:

- Belastungsmodus
- Körperposition
- O_2 -Partialdruck in der Einatemungsluft
- Klima

Das American College of Sports Medicine (ACSM 1998) empfiehlt zur Verbesserung der max. Sauerstoffaufnahme eine Belastungsintensität zwischen 55 und 90% der max. Herzfrequenz.

In der Literatur wird kontrovers diskutiert, wie die Größe der aktiven Muskelmasse die physiologische Reaktion beeinflusst [12, 64, 62, 117]. Es besteht z.B. ein positiver Zusammenhang zwischen zunehmender Höhe der maximalen Sauerstoffaufnahme und Größe der involvierten Muskelmasse [77].

Die Teilnehmer der Power-Cycling-Gruppe führten viele ihrer Übungen im Stehen aus. Hierbei kommt es zur oben besprochenen Zunahme der involvierten Muskelmasse. Folglich ist auch zu erklären, dass im Laufe der Fahrradergometrie der Power-Cycling-Teilnehmer die maximale O_2 -Aufnahme als Ausdruck der gesteigerten Leistungsfähigkeit von Belastungsstufe zu Belastungsstufe nach dem 2-monatigen Training im Mittel erwartungsgemäß mehr als vor dem Training zunimmt. Das Power-Cycling-Training scheint ideal für die Verbesserung der O_2 -Aufnahme zu sein. Bei der Fatburner-Gruppe reichte der Trainingsreiz zur Leistungssteigerung im Mittel nicht aus. Wie erwartet zeigte die Kontrollgruppe keine verbesserten Werte.

Bezüglich der relativen Sauerstoffaufnahme erreichte der beste Mann des Power-Cycling-Kurses nach dem Training eine signifikante Leistungssteigerung. Im Fatburner-Kurs sanken die Werte im Durchschnitt. Bei gleicher Belastung müssen die Teilnehmer

im Mittel mehr Sauerstoff aufnehmen. Der Parameter relative Sauerstoffaufnahme liegt bei Männern zwischen 40 und 55 ml/min/kg, bei Frauen im Durchschnitt bei 36,3 ml/min/kg. Dies hängt u.a. mit der Bedeutung des Körperfettgehaltes zusammen [64]. Da beim Radfahren jedoch nicht das Körpergewicht getragen werden muss, infolgedessen keine oder eine reduzierte Arbeit gegen die Schwerkraft zu verrichten und nur ein Reibungswiderstand zu überwinden ist, überwiegt in dieser Studie die Bedeutung der absoluten O₂-Aufnahme.

4.2.1.5 Respiratorischer Quotient

Der RQ wies bei sämtlichen Belastungsstufen nach dem Training niedrigere Werte als bei gleicher Belastungsstufe vor dem Training auf. In dem Power-Cycling-Kurs lag nur eine Tendenz zu niedrigeren Werten vor, während die Fatburner- und die Kontrollgruppe signifikante und höchst signifikante Ergebnisse aufwiesen. Zwischen den einzelnen Kursen lagen signifikante Unterschiede in der Erholungsphase zwischen dem Power-Cycling-Kurs und dem Fatburner-Kurs bzw. zwischen dem Power-Cycling-Kurs und der Kontrollgruppe vor. Die Power-Cycling-Gruppe konnte im Mittel ihre Energie geringfügig länger aus der Fettbereitstellung gewinnen, doch ab der Belastung 100 Watt wechselte auch hier sowohl vor als auch nach dem Training die Belastung in die vorwiegend kohlenhydratunterstützte Energiebereitstellung, wobei bei einem RQ mit den folgenden Werten noch ein geringer prozentualer Anteil der Fettverbrennung vorhanden ist [107] (vorher: 0,90 – 32,5% Fettverbrennung; nachher: 0,87 – 42,5% Fettverbrennung). Auch bei der Fatburner-Gruppe lag der Übergang bei dieser Belastungsstufe (vorher: 0,94 – 19,3% Fettverbrennung, nachher: 0,91 – 29,2% Fettverbrennung). Bei weiterer Belastung liegen die Werte bei der Power-Cycling-Gruppe im Mittel vorher bei 0,98 bzw. nachher bei 0,97, bei der Fatburner-Gruppe bei 1,04 bzw. 1,00. Die Energiebereitstellung geht somit in den kompletten kohlenhydratgestützten Energiebereitstellungsbereich über, welcher jedoch auch positiv mit dem Immunsystem korreliert [7].

An dieser Stelle sei zu erwähnen, dass ein Fatburnertraining zwar relativ aber nicht absolut zu einer vermehrten Fettverbrennung führt. Der erhöhte Kalorienverbrauch bei höherer Belastung –wie in dem Power-Cycling-Kurs– führt zu einer erhöhten Fettverbrennung und somit ist die absolute Fettverbrennung bei dieser Belastung höher. Um die genauen prozentualen Ergebnisse zu errechnen, müssten die Werte somit auf den individuellen Kalorienverbrauch umgerechnet werden, welcher in dieser Studie jedoch nicht ermittelt wurde.

Indirekt kann mit Hilfe des RQ die Nutzung der verschiedenen Substrate abgelesen werden. Vielfach wurde beschrieben, wie sich ein regelmäßiges Training auf den RQ auswirkt [64, 107, 120, 57]. Mit zunehmender Leistung wird mehr Sauerstoff aufgenommen und mehr Kohlendioxid abgeatmet. Bei trainierten Menschen setzt das vermehrte Abatmen von Kohlendioxid als Ausdruck einer stärker werdenden Belastung erst bei einer höheren Belastungsstufe ein.

Die Ergebnisse der beiden aktiven Gruppen weisen auf die Effektivität des Trainings hin. Der Energieumsatz wurde länger durch Fette gedeckt, was an dem jeweiligen vorher-nachher Vergleich der einzelnen Belastungsstufen zu erkennen ist. Hierbei ist der Eiweißanteil am Gesamtumsatz bei Muskularbeit zu vernachlässigen.

4.2.1.6 Sauerstoffpuls

Die Leistungssteigerung durch das Ausdauertraining im Bereich des Herzens manifestiert sich durch eine Erhöhung des maximalen Sauerstoffpulses, d.h., je größer die Herzleistungsfähigkeit, desto höher fällt der Sauerstoffpuls auf den gegebenen Belastungsstufen aus.

In dieser Studie zeigten sich weder in den einzelnen Kursen vor und nach dem Training noch zwischen den einzelnen Kursen signifikante Unterschiede. Es zeigte sich lediglich eine geringfügige Tendenz zu niedrigeren Werten des Sauerstoffpulses bei den Aktiven. Die Kontrollgruppe dagegen zeigte keine eindeutige Tendenz, weder sinkend noch steigend.

Die Anstiegskurve des Sauerstoffpulses flacht mit zunehmender Belastungsstufe, bei Überschreitung von ca. 90% der maximalen Sauerstoffaufnahme bis zum Erreichen eines Plateaus immer mehr ab, um trotz weiterer Leistungssteigerung keinen zusätzlichen Anstieg erkennen zu lassen. Es zeigte sich hier bzgl. dieses Parameters bei den Aktiven eine Anstiegskurve, welche mit zunehmender Belastung leicht abflacht. Eine Plateaubildung war jedoch nicht zu erkennen.

Ein höherer Wert beinhaltet eine größere Herz-Kreislauf-Leistungsreserve [64, 120], wie sie nach einem Ausdauertraining zustande kommen sollte.

Bei einem Untrainierten liegen die Höchstwerte im Durchschnitt bei 15-18 ml, während Spitzensportler in Ausdauersportarten Werte von über 30 ml erreichen.

Die deutliche Steigerung des durchschnittlichen Sauerstoffpulses bei maximaler Belastung im Power-Cycling-Kurs weist im Verhältnis zu der nur geringen Steigerung der Werte im Fatburner-Kurs auf eine höhere Effektivität des intensiven Trainings zur Herzleistungssteigerung hin, wie schon in anderen Studien bewiesen wurde [88].

Als leistungsdiagnostischer Parameter ist der Sauerstoffpuls beim Gesunden jedoch weitgehend ohne Bedeutung. Erst bei der Bewertung von Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems kommt ihm Bedeutung zu. Er ist ein indirekter Parameter der peripheren Sauerstoffutilisation [57, 29].

4.2.1.7 Leistung

Die Teilnehmer des Fatburner-Kurses steigerten ihre Maximalleistung im Mittel signifikant. Bei der Power-Cycling-Gruppe stellten sich hoch signifikante Ergebnisse heraus.

Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass ein Training mit einer durchschnittlich hohen Wattzahl die Maximalkraft der Beinmuskulatur erhöht, da nur bei hohen Widerständen ein ausreichender Reiz zum Muskelaufbau gewährleistet wird [64].

Da der Power-Cycling-Kurs im Mittel durch die intensiveren Sprint- und Bergfahrten mehr Leistung erbracht und dadurch mehr Beinkraft aufgebaut hat, weisen die Teilnehmer im Durchschnitt eine stärkere Verbesserung der Maximalleistung auf.

Je schneller eine Arbeit erbracht wird (Sprint) oder je mehr Arbeit pro Zeit geleistet wird (Berg), desto größer ist die Leistung [51]. Ermüdende Vorgänge in der beanspruchten Muskulatur können bei Teilnehmern zu einem vorzeitigen Belastungsabbruch führen [130].

Das häufige Fahren im Stehen in diesem Kurs führt zum Einsatz größerer Muskelmasse und zu einer Zunahme der muskulären Aktivität und somit zu einer Mehrbelastung des Organismus, welche wiederum zu einer Steigerung der resultierenden Leistung führt. Die Fatburner-Gruppe zeigte bedingt durch die geringere Anstrengung während der Kurse nur eine geringere Steigerung der Maximalleistung. Die Kontrollgruppe verhielt sich erwartungsgemäß und verbesserte ihre Leistung nicht.

Die Leistung an der aerob-anaeroben Grenze wies im Gegensatz zur maximalen Leistung einen nicht so großen Unterschied auf. Bei der Power-Cycling-Gruppe lag die aerob-anaerobe Schwelle vorher und nachher bei 150 Watt, wobei die Laktatwerte bei 2,88 mmol/l lagen (nachher: 2,81 mmol/l). Bei der Fatburner-Gruppe lag die aerob-anaerobe Schwelle beim Übergang von 100 bis 150 Watt mit Werten von 2,01 mmol/l (nachher: 1,94 mmol/l) bis 3,36 mmol/l (nachher: 3,76 mmol/l).

Die vorher-nachher Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Trainingsform Power-Cycling definitiv zu einer Steigerung der Maximalkraft und somit zu einer Leistungssteigerung führt. Diese Wirkung des Trainings ist an der aerob-anaeroben Schwelle jedoch nicht so deutlich zu erkennen. Es kam zu keiner signifikanten

Verbesserung an der aerob-anaeroben Schwelle. Den Probanden gelang es im Mittel nicht, höhere Wattzahlen bei gleichen oder niedrigeren Laktatwerten zu treten. Diese Trainingsform führte somit nicht zu einer Verbesserung der Laktattoleranz der Muskulatur. Bei dem Fatburner-Kurs lag der Schwerpunkt nicht in der Steigerung der Beinkraft. Es führte zu einer leichten Besserung der Muskelkraft und, wie bei dem Power-Cycling-Kurs, nicht zu einer Steigerung an der aerob-anaeroben Schwelle.

4.2.2 Kraftparameter

4.2.2.1 Bein- und Sprungkraft

Beide aktiven Kurse wiesen bzgl. der Beinkraft Tendenzen zu höheren bis hin zu höchst signifikanten Unterschieden der Kraft auf. Nach dem 2-monatigen Training zeigten sich bezüglich der isometrischen und der isokinetischen Beinkraft Unterschiede zwischen den beiden aktiven Kursen zugunsten des Power-Cycling-Kurses. In der Kontrollgruppe ließen sich bei den isokinetischen Übungen Tendenzen zu höheren und zu niedrigeren Werten erkennen, es ließen sich folglich keine eindeutigen Aussagen über diese Gruppe machen. Bei der Sprungkraftmessung zeigten die Ergebnisse der durchschnittlichen Kraft und der Sprunghöhe als ein Teil der isokinetischen Kraftmessung in allen 3 Gruppen eine Tendenz zu steigenden Werten, bzw. wiesen die Power-Cycling-Teilnehmer in dem Parameter Sprunghöhe im Mittel eine höchst signifikante Verbesserung auf. Zwischen den einzelnen Kursen bestehen keine Unterschiede. Bezüglich der Kraft beim Übergang von Exzentrik zu Konzentrik, von der dynamisch-positiven zur dynamisch-negativen Arbeit, zeigte der Power-Cycling-Kurs eine minimale Verschlechterung, die Kontrollgruppe zeigte ebenfalls eine Verschlechterung. Der Fatburner-Kurs zeigte eine Verbesserung der Werte. Trotzdem besteht hier ein signifikanter Unterschied zwischen dem Power-Cycling-Kurs und der Kontrollgruppe nach dem Training zugunsten der Power-Cycling-Gruppe.

Bei den isometrischen Übungen wiesen die Aktiven in den Parametern Drehmoment, durchschnittliche Leistung und Gesamtarbeit des Satzes eine eindeutige Verbesserung ihrer Beinkraft auf. Das Drehmoment in der Extension zeigte in der Power-Cycling-Gruppe höchst signifikante Unterschiede zwischen vor und nach dem Training. Zwischen dem Körpergewicht und der muskulären Leistungsfähigkeit besteht eine positive Korrelation. Deswegen wurden die Parameter Drehmomentmaximum und durchschnittliche Leistung auf das Körpergewicht umgerechnet [172, 106].

Die Skelettmuskelmasse hat mit 40 % (bei Männern) den größten Anteil der Körpermasse und korreliert direkt mit vielen relevanten physiologischen Parametern [51].

Zwischen der 3. und der 8. Lebenskaskade laufen degenerative Prozesse in der Skelettmuskulatur ab, welchen mit einem adäquaten Krafttraining entgegengewirkt werden kann.

BEERE ET AL (1999) stellten fest, dass ein 3-mal wöchentlich durchgeführtes aerobes Fahrradergometertraining bei älteren Menschen nach 3 Monaten zu einer Zunahme der belastungsinduzierten Beindurchblutung um 50 % führt [70] und die Funktion der Muskulatur und deren Kraft somit fördert [44].

CAFARELLI ET AL (1995) bewiesen, dass ein regelmäßig ausgeführtes Ausdauertraining jeder Intensität zu einer muskulären Adaption und somit zu einer Reduktion des Anstrengungsgrades führt. Außerdem wird durch ein differenziertes Krafttraining die Schnelligkeit und die Explosivität verbessert. Der Körper kann die hohen dynamischen Kräfte besser aufnehmen, besser ableiten und die anschließenden Bremsvorgänge sicherer bewältigen [51]. Dies ist wichtig für das Sprinten, bei dem nach einer kurzzeitigen Geschwindigkeitserhöhung plötzlich wieder in den normalen Rhythmus gebremst werden muss. Die Kraft ist die Grundlage der Schnelligkeit und das Maximalkrafttraining ist die dominante Methode zur Entwicklung von Schnellkraft und Schnelligkeit [138, 1]. Besonders bei der Erhöhung einer zu überwindenden Last, hier der hohe Widerstand bei den „Bergfahrten“ im Power-Cycling-Kurs, spielt die Bedeutung der Kraft für die Schnellkraft eine große Rolle.

Die Fähigkeit, in kürzester Zeit eine hohe Kraft innerhalb einer gezielten Bewegung zu erreichen, dient besonders bei den Sprints im Stehen bei dem Power-Cycling-Kurs [64]. RYSCHON ET AL (1991) und TANAKA ET AL (1996) wiesen darauf hin, dass bei gleicher Belastungsintensität beim Fahren im Sitzen und im Stehen eine signifikant höhere Sauerstoffaufnahme sowie Herzfrequenz beim Fahren im Stehen vorliegen. Die Ursache dafür scheint in einer wesentlich höheren physiologischen Beanspruchung der muskulären Aktivität der beanspruchten Muskeln zu liegen [97].

Die Ergebnisse deuten folglich daraufhin, dass das Indoor-Cycling-Training ein Schnellkraft- und ein Kraftausdauertraining sein kann.

Besonders durch den Power-Cycling-Kurs mit dem Programm von viel Widerstand, über das Fahren im Stehen bis hin zum Sprinten im Stehen, werden die beiden Parameter verbessert.

Generell heißt es, je niedriger die Stimulation der Muskulatur, desto geringer ist der Effekt, folglich zeigte der Fatburner-Kurs ebenfalls eine steigende Tendenz bezüglich der Kraftparameter, die jedoch nicht so ausgeprägt war.

Die Teilnehmer haben weder mit so großem Widerstand gearbeitet, noch sind die Sprints im Stehen über einen so langen Zeitraum und im Stehen gefahren wie im Power-Cycling-Kurs.

4.2.3 Gesundheitsparameter

4.2.3.1 Lipidmetabolismus

Eine ungünstige Zusammensetzung des Plasmacholesterins und der Lipoproteine stehen u.a. im direkten Zusammenhang mit dem Auftreten einer koronaren Herzkrankheit.

Das Gesamtcholesterin stieg bei den Aktiven geringfügig an. Die Werte des LDL und der freien Triglyceride stiegen, dagegen sank das HDL. In der Kontrollgruppe sanken sämtliche Cholesterinwerte.

Die Teilnehmer aller 3 Gruppen wurden durch die Cholesterinmessung auf eine Hypercholesterinämie untersucht, welche ein oft noch unterschätzter Risikofaktor bei der Gesamtmortalität und der Inzidenz von Herzinfarkten ist [24, 3]. Erhöhte Werte (siehe S. 2.4.3) steigern das Risiko der Artherosklerose und folglich das Herzinfarktrisiko um 60 %. Bei erniedrigten Werten ist das Risiko deutlich geringer [61]. In folgenden Studien wird über erhöhte Gesamtcholesterin- und LDL-Werte, über erhöhte Triglyceride bzw. über erniedrigte HDL-Werte diskutiert [114, 2, 125]. Besonders ein fettes Gewebe am Stamm des Körpers wirkt sich negativ auf den Cholesterinspiegel und die Triglyceride aus [6]. In diesem Fall sollte neben Lebensstiländerungen, Ernährungsanpassung und Gewichtsreduktion ein regelmäßiges körperliches Training absolviert werden [28, 121, 141, 6, 101, 2, 132, 12, 5, 79]. Erst durch eine Regulierung der oben genannten Parameter oder der Senkung weiterer Risikofaktoren wie Nikotin, körperliche Inaktivität, Adipositas und negativer Stress kann das Risiko, an einer KHK zu erkranken, vermindert werden [153, 168, 147, 174]. WOOD ET AL (2000), BALADY ET AL (1994) und WENGER ET AL (1995) weisen ausdrücklich darauf hin, dass körperliche Aktivität lediglich ein Teilaspekt der Therapie ist und durch körperliche Aktivität hauptsächlich das HDL steigt [104, 154]. Reichen diese Therapien nicht aus, sollte eine medikamentöse Therapie in Form der Statingabe in Angriff genommen werden [18].

LEON ET AL (2001) kamen zu dem Ergebnis, dass eine Senkung der freien Triglyceride, des Gesamtcholesterins und des LDL und eine Erhöhung des HDL durch alleinige körperliche Aktivität nur sehr gering ausfallen. Fest steht nur, dass bei

ausdauertrainierten Sportlern deutlich höhere HDL-Werte und zum Teil niedrigere Triglycerid- und LDL-Werte nachzuweisen sind als bei Inaktiven [4, 171]. Einen sehr großen Einfluss auf den Lipidstoffwechsel stellt die Ernährung dar. Eine alleinige kalorienreduzierte Diät führt zu einem moderaten Abfall des HDL. Körperliche Aktivität kann diesen Abfall mindern [83, 148]. Diese beiden Parameter ergänzen sich folglich zur Prävention der Hypercholesterinämie. Wie entscheidend der Belastungsumfang hierbei ist, darüber diskutieren einige Studien kontrovers. KRAUS ET AL (2002) und DRYGAS ET AL (2000) sprechen von einem positiven Effekt auf die Lipide und Lipoproteine ab einem bestimmten Trainingsumfang, und SPATE-DOUGLAS ET AL (1999) stellten bei gleichem Trainingsumfang sowohl bei niedrigeren als auch bei höheren Intensitäten einen signifikanten Anstieg des HDL fest, wie in dieser Studie auch zu erkennen ist.

Anhand dieser Fakten lassen sich die Ergebnisse dieser Studie näher erklären. Der Ernährungszustand als wichtiger Einflussfaktor des Lipidstoffwechsels wurde während der Studie nicht weiter kontrolliert und stellt somit einen großen Störfaktor in der Messung der Werte dar. Außerdem spielen, wie oben erwähnt, die Lebensgewohnheiten der Probanden eine große Rolle.

4.2.3.2 Körpergewicht

Bezüglich des Körpergewichtes zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Kursen der Aktiven. Das Körpergewicht zeigte eine sinkende Tendenz im Power-Cycling-Kurs und im Fatburner-Kurs. Die Kontrollgruppe zeigte einen signifikanten Unterschied bzgl. der Senkung des Körpergewichtes.

Körperliches Training ist positiv assoziiert mit einer Gewichtskontrolle [14, 128], jedoch sollte zu der körperlichen Aktivität optimalerweise eine diätetische Ernährung erfolgen [147, 31, 16]. Dabei zeigen Längsschnittstudien, dass, je höher die Aktivität, umso geringer die Gewichtszunahme im Lebensverlauf ist [53, 166]. Ein niedriges Aktivitätsniveau ist somit mit einer Prävalenz von Übergewicht verbunden. Aber auch für den Abbau von Übergewicht und Adipositas scheint in erster Linie der Gesamtumfang der Belastung wirksam zu sein [166, 26]. Das American College of Sports Medicine (ACSM 1998) empfiehlt ein 30-45-minütiges Training an mindestens 3 Tagen in der Woche, in der 250-300 Kilokalorien verbrannt werden. Studien beweisen immer wieder, dass eine Gewichtsreduktion, z.B. durch ein regelmäßig durchgeführtes körperliches Training hervorgerufen, das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung senkt [102].

Die Werte des Körpergewichtes in den aktiven Kursen zeigen, dass eine Tendenz zu niedrigeren Werten vorliegt. Die im Mittel nur geringe Abnahme des Körpergewichtes ist wiederum mit der Zunahme der Muskelmasse, durch schnelle Adaption bedingt, zu erklären. Eine dadurch erhöhte Leistungskraft ist die Folge, welche mit der erhöhten durchschnittlichen Leistungskraft der Teilnehmer bewiesen wird. Wahrscheinlich ist der Zeitraum des Trainings über 2 Monate zu kurz gewählt worden und der Umfang der Trainingseinheiten, 2 Stunden pro Woche zu selten, um signifikante Unterschiede zu erzielen.

Die im Durchschnitt signifikante Abnahme des Körpergewichtes der Passiven ist durch 2 Ausreißer in der Gruppe zu erklären.

4.2.3.3 BMI

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede sondern nur eine Tendenz zu niedrigeren Werten im Bereich des BMI. Im Power-Cycling-Kurs sank der BMI von $24,0 \pm 3,2$ auf $23,9 \pm 2,8$, im Fatburner-Kurs sanken die Werte im Mittel von $23,3 \pm 3,4$ auf $23,2 \pm 3,3$ und in der Kontrollgruppe von $23,9 \pm 3,3$ auf $23,4 \pm 3,0$. Hier wird deutlich, dass in allen Kursen im Durchschnitt ein Normalgewicht vorliegt (siehe 2.4.4). An dieser Stelle sei zu erwähnen, dass in den einzelnen Kursen einzelne Probanden übergewichtig oder sogar adipös waren. In dem Power-Cycling-Kurs waren 6 Teilnehmer vor dem Training übergewichtig, ein Teilnehmer war adipös, nach dem Training nur noch übergewichtig. Bei der Fatburner-Gruppe waren ebenfalls 6 Teilnehmer übergewichtig und einer adipös. Dieser Zustand änderte sich nach den 2 Monaten nicht. Bei der Kontrollgruppe waren 3 Teilnehmer übergewichtig, 2 von ihnen hatten nach den 2 Monaten an Gewicht verloren, was eher dem Zufall zuzuordnen war.

Der BMI steht im Zusammenhang mit der koronaren Herzkrankheit, der Herzinsuffizienz, arterieller Hypertonie und Fettstoffwechselstörungen [170, 21]. Übergewicht und körperliche Inaktivität führen zu einem erhöhten Risiko des Herzinfarktes [24]. Ein regelmäßiges körperliches Training kann bei diesen Krankheiten die Letalität und Morbidität sowohl bei Männern als auch bei Frauen signifikant senken und somit die Lebensqualität erhöhen [74, 14, 82]. KRAUS ET AL 2002 zeigen in ihrer Studie, dass Probanden der Gruppe mit einem intensiveren Training im Verhältnis der Dosis-Wirkungs-Beziehung mehr an Körpergewicht und Fett verlieren und somit auch den BMI senken.

Wie erwartet, sanken die BMI-Werte der aktiven Gruppen durch das regelmäßige Indoor-Cycling-Training. Parallel zum Körpergewicht sind hier jedoch auch nur minimale Veränderungen zu verzeichnen. Ebenfalls kann hier nicht von einer gesteigerten Gewichtsabnahme durch das Fatburner-Training gesprochen werden. Um signifikante Werte zu erreichen, war der Zeitraum zu kurz gewählt. Außerdem spielt der Faktor Ernährung eine wesentliche Rolle [6], welcher in dieser Studie nicht explizit kontrolliert wurde. Es muss hier wieder darauf hingewiesen werden, dass bei einem Fatburnertraining prozentual nur relativ mehr Fett verbrannt wird. Bei einer Zunahme der Belastung kommt es automatisch zu einem erhöhten Kalorienverbrauch und somit zu einer absolut gesehen höheren Fettverbrennung. Dazu führt der Muskelaufbau zu einer Zunahme des Körpergewichtes, welches sich wiederum negativ auf den BMI auswirkt. Ob nun das Power-Cycling-Training oder das Fatburner-Training vorzugsweise zur Gewichtsreduktion dient, ist anhand dieser Werte folglich nicht zu erkennen.

4.2.3.4 Herzfrequenzvariabilitätsmessung

In diesem Abschnitt sei nur auf die wichtigsten Parameter der HRV hingewiesen. In der Fatburner-Gruppe zeigte sich bzgl. der RR-Intervalle ein höchst signifikanter Unterschied vor und nach dem Training, während die Power-Cycling-Gruppe nur eine Tendenz zu höheren Werten erreichte (siehe 2.4.2). Die Passiven wiesen eine Senkung dieses Parameters auf.

Bezüglich der Parameter HF, LF und LF/HF, zeigte der Power-Cycling-Kurs im Mittel eine sinkende Tendenz, VLF stieg. Bei der Fatburner-Gruppe stiegen HF, LF und VLF, während LF/HF sank. In der Kontrollgruppe sanken alle Werte. Zwischen den verschiedenen Kursen traten nach dem Training keine signifikanten Unterschiede auf.

Die Herzfrequenzvariabilitätsmessung ist eine gute Methode zur Erkennung von kardiovaskulären Veränderungen [123]. In der Kardiologie gilt heute eine eingeschränkte HRV als valider Parameter zur Risikoabschätzung für das Auftreten kardialer Ereignisse wie der Herzinfarkt oder Herzrhythmusstörungen. Ausdauertraining ist eine physiologische Unruhe, die das autonome Nervensystem beeinflusst. Ein regelmäßiges, kontrolliertes aerobes Ausdauertraining erniedrigt die Ruheherzfrequenz, somit den Sympathikus, LF sinkt, und bewirkt eine Zunahme der HRV, somit des Parasympathikus, HF steigt [70, 25, 27, 142, 32, 145, 95]. Längerfristig betrachtet, führt körperliche Aktivität zu einer Steigerung der hochfrequenten, parasympathischen Aktivität und der Gesamtaktivität des autonomen vegetativen

Systems, welches wieder an dem Anstieg von HF und an dem kleineren Wert von LF/HF zu erkennen ist [50, 59, 113, 23]. SCHUIT ET AL (1999) und STEIN ET AL (1999) zeigten in Längsschnittstudien, dass ein Ausdauertraining die HRV in Ruhe steigert, während LOIMAALA ET AL (2000) keine signifikanten Steigungen messen konnten. Der autonomen vegetativen Regulation wird ein unmittelbarer und bedeutender Bezug zur Regenerationsfähigkeit beigemessen [59]. GOLDSMITH ET AL (1997) wiesen auf eine lineare Beziehung zwischen der Sauerstoffaufnahme und der hochfrequenten, parasymphatischen Aktivität, HF, hin. Dass mit der HRV-Messung Aussagen über das Leistungsniveau gemacht werden können, nutzten Hersteller von kommerziellen Pulsmessern, die das System in diese integrierten. Verknüpfungen mit der Laktatmessung bzw. mit der aerob-anaeroben Schwelle wurden ebenfalls hergestellt [11].

Aufgrund des Verlustes von Schrittmacherzellen am Herzen um ca. 90 % kommt es zwischen der 2. und der 8. Lebenskaskade physiologischer Weise zu einer Abnahme der HRV und zu einer Verminderung der maximalen Herzfrequenzrate unter Belastung. Außerdem weisen ältere im Gegensatz zu jüngeren Menschen eine geringere kardiovaskuläre Adaption an das Training auf [50, 71, 75]. Über weitere Unterschiede u.a. in Bezug auf Geschlecht und Trainingszustand wurde in einigen Studien diskutiert [135, 32].

Sowohl die oben genannten Studien als auch die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass sowohl das Fatburner-Training als auch das Power-Cycling eine Verbesserung des Parasympathikus, somit eine Ökonomisierung und eine kardiovaskuläre Adaption im zentralen Nervensystem bewirken. Das Training aller aktiven Probanden dieser Studie führte im Durchschnitt zu einer kardiovaskulären Adaption. Im Power-Cycling-Kurs sanken zwar die Werte für HF und LF, jedoch sank auch der Quotient LF/HF und somit kam es zu einer erhöhten parasymphatischen Aktivität. Bei der Fatburner-Gruppe führte das Training zu einer Erhöhung von LF und von HF, aber insgesamt auch zu einer Erniedrigung des Quotienten LF/HF. Welches Training jedoch effektiver ist, kann dieser Studie nicht entnommen werden. In den oben genannten Studien scheint jedoch ein kontinuierliches aerobes Training auf die Dauer effektiver zu sein als das meist anaerob durchgeführte Training der Power-Cycling-Gruppe.

4.2.4 Trainingssteuerung

Die Belastungssteuerung beim Indoor-Cycling sollte nach den Vorgaben von GOLDING (1997) in erster Linie über die Herzfrequenz erfolgen, welche oft individuell sehr unterschiedlich ist, wie auch der Verlauf der Beanspruchung. Aus diesem Grunde sollte vorher die individuelle Ruheherzfrequenz, die maximale Herzfrequenz und die Trainingsherzfrequenz ermittelt werden [46]. Je nach Trainingsziel wird ein entsprechender Herzfrequenzbereich festgelegt, bei dem die Belastung erfolgen sollte, so wie es in dem Fatburner-Kurs vorgegeben wurde. In dem Power-Cycling-Kurs wurde die Belastung nicht anhand der Herzfrequenz, sondern mittels des subjektiven Belastungsempfindens gemessen. Jeder Teilnehmer sollte je nach Tagesform an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit trainieren.

SCHNABEL ET AL (1997) geben für den allgemeinen Grundlagenbereich eine Belastungsintensität um 2 mmol/l an, was deutlich zeigt, dass die Belastung innerhalb des Fatburner-Kurses für dieses Trainingsziel gerade richtig gewählt wurde. Auch MCLELLAN (1981) und MCARDLE ET AL (1994) weisen auf prozentuale Bereiche der aerob-anaerobe Schwelle als Parameter der Trainingssteuerung hin.

Nicht geeignet für dieses Trainingsziel war mit diesen Ergebnissen der Power-Cycling-Kurs. Mit einem mittleren Laktatwert von 5,06 mmol/l lag hier ein fast ständiges Überschreiten der anaeroben Schwelle vor.

Da der kontrollierte Proband des Fatburner-Kurses in den Trainingseinheiten im Durchschnitt eine Wattzahl von $222,14 \pm 16,12$ trat, fuhr das zugehörige Gegenstück des Power-Cycling-Kurses bei einer mittleren Wattzahl von $290,04 \pm 38,25$. Hier lag ein signifikanter Unterschied vor, welcher sich auf die Leistung in Watt in der Ausgangsuntersuchung und auf die Sprung- und Beinkraft auswirkte.

Durch die Trainingsart des Sprintens im Stehen, wie es im Power-Cycling-Kurs durchgeführt wurde, wird die allgemeine anaerobe dynamische Ausdauer verbessert. Typisch für diese ist die Fähigkeit, eine große Energiemenge pro Zeiteinheit freizusetzen und trotz einer eingegangenen großen Sauerstoffschuld eine hohe Leistungsfähigkeit aufrechterhalten zu können.

HARRIDGE ET AL (1998) behandeln in ihrer Studie die Effekte eines 6-wöchigen Sprinttrainings auf dem Ergometer. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zunahme der Kraft der meisten Extremitätenmuskeln im Zusammenhang mit einer signifikant erhöhten Geschwindigkeit zu stehen scheint. Durch eine Erhöhung der Bewegungsgeschwindigkeit kommt es zu einer zunehmenden Rekrutierung motorischer Einheiten. Die Möglichkeit der ausreichenden Erholung wird immer geringer, die Muskelarbeit wird mehr und mehr mit anaeroben Anteilen realisiert, dies

zeigen die hohen Laktatwerte bei der Übung Sprinten im Stehen, die bei bis zu 13,09 mmol/l lagen. Aufgrund der deutlich erhöhten Laktatwerte im Gegensatz zu den nur geringfügig erhöhten Herzfrequenzwerten scheint diese Übungsvariante unökonomisch zu sein (stark erhöhte metabolische Beanspruchung bei geringer Erhöhung der Herzfrequenz). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch RUDACK (2001). Gleichzeitig dient das Fahren im Stehen jedoch für Belastungen mit hoher Intensität zur Steigerung der maximalen Beinkraft (4.2.2.1).

Das Fatburner-Training war durch eine Dauerperiode mit niedrigerem Leistungsniveau zu beschreiben. Es lag eine kontinuierliche Methode über eine längere Zeit mit gleich bleibender Reizintensität (Pulsfrequenz) vor. Die Teilnehmer hatten während aller Belastungsformen, außer dem warm up, im Durchschnitt eine Herzfrequenz von 139,5 bis 142,5 S/min, der Laktatwert lag zwischen 2,07 und 2,44 mmol/l und der RPE-Wert lag durchgängig bei 13. Beim Power-Cycling handelte es sich um die Variante des intensiven Intervalltrainings. Der Organismus ging bei jeder Belastungsform eine hohe O_2 -Schuld ein, hohe Laktatspiegel waren zu erkennen. Trainiert wurden bei genügend hoher Reizdauer hauptsächlich die allgemeine dynamische anaerobe Ausdauer und die lokale Muskelausdauer in Form von Schnelligkeitsausdauer sowie Kraft und Schnellkraft, je nach Belastungsform (Sprint, Berg). Die Herzfrequenz schwankte während aller Belastungsformen zwischen 158,6 und 169,5 S/min, während die Laktatwerte zwischen 5,09 und 7,17 mmol/l schwankten. Auch die RPE-Werte variierten von 9 bis 17. Die Pausen zwischen den einzelnen Belastungsformen bei jeder einzelnen Trainingseinheit waren relativ zu kurz, boten, wie schon oben erwähnt, somit keine ausreichende Erholung. Dadurch kam es zur Aufstockung der Müdigkeit und zur so genannten Laktatakkumulation während der folgenden Belastungsstufen, die von Belastung zu Belastung zunahm [33, 64, 99]. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass ein Power-Cycling-Training, ein Training an der oberen Grenze des Leistungsvermögens nicht als optimal zu bewerten ist, denn eine ständige Laktatakkumulation führt zu einer Leistungsbegrenzung und zur Immunsuppression.

Einerseits wird durch aerobes Ausdauertraining die Grenze verschoben, an der der Körper bzw. die Muskulatur noch aerob Energie gewinnen kann. Zum anderen kann durch anaerobes Training die Fähigkeit der Muskulatur erhöht werden, Laktat zu tolerieren. Das anaerobe Training ist jedoch auch leistungsbegrenzend bei hoher Reizintensität, also bei hohem Bewegungstempo und bei hohen Widerständen. Eine Power-Cycling-Stunde, bei der es zur erschöpfenden Belastung kommt, sollte also primär die Laktattoleranz trainieren, was bei der Muskelkraft jedoch nicht zu erkennen

war. In dem Fatburner-Kurs sollte das Niveau so niedrig sein, dass die Energie aus dem Fettsäureabbau entsteht.

Das Indoor-Cycling-Training sollte folglich weiterhin über die Herzfrequenz gesteuert werden. Der Gebrauch einer Herzfrequenzuhr sei hierfür zu empfehlen.

Weiterhin sollte für jeden Sportler nach Ziel, Trainingszustand und körperlichem Befinden ein passendes Training konzipiert werden. Eine Regelung über die RPE-Werte ist nicht sinnvoll, da dies stets zu einer Überschätzung der eigenen Leistung führt. Die Sportler sollten daraufhin gewiesen werden, dass, wie oft angenommen, ein zu häufig und ständig anaerob durchgeführtes Training an der Leistungsgrenze weder einen positiven Effekt auf das Herz-Kreislauf-System noch auf den Lipidmetabolismus hat. Allein eine kurzfristige erhöhte maximale Muskelkraft ist zu erwarten, welche jedoch nach zu langem und hartem Training wieder rückläufig ist. Auf der anderen Seite ist ein zu seltenes und in zu niedrigen Herzfrequenzbereichen durchgeführtes Training höchstens zur Prävention bei diversen Krankheiten (siehe oben) oder bei älteren Menschen von Nutzen, da dieses keine neuen Reize für das Herz-Kreislauf-System und den Muskelaufbau setzt. Dieses Training wird zwar immer als Fatburner propagiert, reicht jedoch für die Leistungssteigerung und den Muskelaufbau nicht aus. Empfehlenswert sei hierfür ein Intervalltraining mit Einheiten in der Fettverbrennung, an der submaximalen Leistungsgrenze und im anaeroben Bereich. Der Umfang dieser Einheiten sollte sich nach dem Trainingszustand des Sportlers richten.

Ein körperliches Training, welches weniger als 2-mal in der Woche bei 40-50% V_{O_2max} für weniger als 10 Minuten durchgeführt wird, ist kein effektives Training und hat keine positiven Auswirkungen auf die Fitness [127].

4.3 Ausblick

Viele Menschen betreiben Sport, jedoch mit den unterschiedlichsten Motiven. Mit welcher Intensität, Dauer und Häufigkeit sollte trainiert werden, um eine Leistungsverbesserung von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel oder zumindest dem zivilisatorisch bedingten Bewegungsverlust und seinen Auswirkungen entgegenzuwirken? Die Größe des Trainingsreizes ist abhängig vom jeweiligen Trainingsziel [127, 107]. Das ACSM (1998) unterscheidet Belastung zur Steigerung der allgemeinen Fitness und zur Verbesserung gesundheitsrelevanter Faktoren. Allgemeine Fitness und allgemeines Wohlbefinden, Konditonsaufbau, spezielle Leistungssteigerung und v.a. primäre und sekundäre Prävention und Rehabilitation von kardiovaskulären Krankheiten, auf welches im Folgenden näher eingegangen werden soll, sind die Hauptmotive zur körperlichen Betätigung.

Schon viele Studien bewiesen, dass körperliche Aktivität der Gesundheit und dem allgemeinen Wohlbefinden dient. Regelmäßig und korrekt ausgeführt erlangt der Sportler allein durch die Höhe des Kalorienmehrverbrauchs positive metabolische Effekte und senkt Risikofaktoren für spezielle Krankheiten, besonders der KHK [129, 43, 78, Caerphilly study (2003), 165]. Mit diesem Training kann auch noch im hohen Alter begonnen werden [102]. Denn zwischen dem 40. und dem 60. Lebensjahr steigt z.B. die Infarkthäufigkeit bei körperlich inaktiven Menschen um das Vierfache an [185]. Speziell das Indoor-Cycling kann durch verschiedene Trainingsformen der allgemeinen Gesundheit aber auch speziellen Trainingszielen dienen.

In der Vergangenheit wurde immer wieder veröffentlicht, dass ein Training umso effektiver ist, je länger, härter und öfter es ausgeführt wird [91]. Das Power-Cycling-Training sollte diese Variante darstellen. Im Laufe der Zeit haben viele Untersuchungen bewiesen, dass ein regelmäßig durchgeführtes moderates, aerobes Training in Form eines mindestens 30-minütigen körperlichen Trainings an den meisten Tagen der Woche, so wie es in dem Fatburner-Kurs gehandhabt wurde, im Hinblick auf die allgemeine Gesundheit, auf das allgemeine Wohlbefinden, auf die Reduktion des Erkrankens an einer KHK, der Hypertonie und der Adipositas wirkungsvoller ist [124, 102, 103]. Als primäre und sekundäre Prävention und als Rehabilitation der KHK, der Adipositas, der Hypercholesterinämie, bei Gesunden, bei Menschen, die einem sitzenden Beruf nachgehen, bei Rauchern, Diabetikern und Hypertonikern ist ein regelmäßiges, moderates, aerobes Indoor-Cycling-Training geeignet. Das Center for Disease Control and Prevention/ American College of Sports Medicine (CDC/ACSM) wollte damit die veralteten Empfehlungen nicht komplett ablehnen, sondern den Menschen eine Auswahl an Trainingsmöglichkeiten bieten bzw. der inaktiven Bevölkerung eine Chance geben, mit dem Sport zu beginnen und den schon Aktiven die Möglichkeit bieten, ihre Ausdauer, Kraft und anderen sportlichen Fähigkeiten zu fördern. So sollte das Training auch in den unterschiedlichen Kursen im Indoor-Cycling genutzt werden. Denn in den einzelnen Studien müssen auch die einzelnen Charakteristika der Teilnehmer, wie Geschlecht, Alter und Fitnesslevel berücksichtigt werden. Der Leistungszustand hat hierbei den entscheidenden Einfluss [107, 161]. Bewegungsreize als Ursache führen zu morphologischen, funktionellen und biochemischen Anpassungen des Organismus, wenn die kritische Reizschwelle überstiegen ist. Belastungsintensitäten, die für Trainierte einen Erholungseffekt oder einen unterschweligen Reiz bedeuten, bieten für Untrainierte einen ausreichenden Reiz zur Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit [107] oder führen auf die Dauer zum Übertraining. So ist z.B. ein Sprinttraining für Untrainierte, Ältere und organisch Vorgeschädigte nutzlos, bzw. kann dies mehr Schaden als Nutzen anrichten.

Die Höhe der Belastungsintensität hängt u.a. von der max. Leistungsfähigkeit bzw. dem Fitnesszustand des Trainierenden ab [107, 161]. Das Training sollte mit seinen Anforderungen auf den einzelnen Menschen zugeschnitten sein [104]. So ist es in dieser Studie z.B. auch der Fall, dass in den einzelnen Gruppen trotz eines relativ wenig veränderten Gruppenmittelwertes in Bezug auf den untersuchten Parameter erhebliche intraindividuelle Unterschiede in der Veränderung auftraten [39]. Bei älteren Männern, Leistungsschwachen und Untrainierten, so zeigen es die Studien, ist ein moderates, anaerobes Training zur Senkung der KHK ausreichend [91, 54, 107, 64]. Die Studien, die von einem erschöpfenden Training mit hoher Intensität sprechen, beziehen sich eher auf Männer mittleren Alters und sind nicht nur zur Förderung des körperlichen Wohlbefindens und zur Prävention sowie zur Rehabilitation der KHK geeignet [173, 119, Harvard Alumni health Studie (1995)], sondern dienen ebenso der Leistungs- und Maximalkraftsteigerung, sofern keine Kontraindikationen aufgrund des körperlichen Zustandes bestehen [82, 110]. Das anaerobe Power-Cycling dient außerdem dem geübten Sportler als spezielles Training zur Erhöhung der Laktattoleranz.

Als optimales Training für Indoor-Cycling-Anfänger ist ein Kurs, der sich der körperlichen Leistungsfähigkeit der Teilnehmer anpasst, zu empfehlen. Das Prinzip der ansteigenden Belastung, welches sich aus der gesetzmäßigen Beziehung zwischen Belastung, Anpassung und Leistungssteigerung ergibt, sollte hierbei genutzt werden. Die Anforderungen an die Sportler u.a. bezüglich der konditionellen, koordinativen und willensmäßigen Vorbereitung sollen systematisch gesteigert werden [152].

Ob die Bedeutung des Fatburner-Kurses auch seinen Zweck erfüllt, hängt von dem Arbeitstyp, der Arbeitsdauer, der Größe der eingesetzten Muskelmasse, der Art der beanspruchten Muskelfasern und von der Ernährung ab. EISDELE ET AL (1998) diskutieren über eine Optimierung zur Beanspruchung des Fettstoffwechsels. Eine länger andauernde aerobe Belastung verändert den Gehalt an freien Fettsäuren im arteriellen Blut. Zuerst kommt es zu einer schnellen Verminderung des Plasmaspiegels und schließlich erfolgt als Ausdruck der zunehmenden Fettmobilisation ein langsamer Anstieg, der nach ca. 15-30 Minuten den Ruhewert überschreitet. Diese tritt hauptsächlich belastungsbedingt durch die vermehrte Freisetzung von Katecholaminen aus postganglionären sympathischen Nervenendigungen ein. Laktat hemmt die Mobilisation von Fettsäuren, indem es im Fettgewebe zur Reveresterung der Fettsäuren führt [86]. Aus diesem Grunde ist ein fast ununterbrochen anaerobes Training, wie es in dem Power-Cycling-Kurs der Fall war, nicht zur Fettverbrennung geeignet, wobei aber wieder beachtet werden muss, dass, bedingt durch den höheren Kalorienverbrauch, die absolute Fettverbrennung hier höher ist als bei einem

Fatburner-Kurs. Je länger jedoch eine aerobe Arbeit andauert, desto größer wird die Bedeutung der Fettoxidation. Diese ist abhängig von den intramuskulären Glykogendepots, folglich von der Ernährung, und vom Ausdauertrainingszustand. Je besser dieser Ausdauertrainingszustand ist, desto höher ist der Prozentsatz der Fettsäureverbrennung an der Energiedeckung. Die Kohlenhydratspeicher werden geschont, das Durchhaltevermögen für eine submaximale Ausdauerleistung vergrößert. Gleichzeitig dient dieser Vorgang als Schutzmechanismus des ZNS, welches für energetische Vorgänge nur Glucose verwerten kann, dessen Blutspiegel bei Beanspruchung auf allgemeine aerobe Langzeitdauer absinkt.

Ein 30- oder mehr- minütiges moderates körperliches Training an den meisten Tagen der Woche unterstützt die allgemeine Gesundheit [124, 45, 92] und gilt sowohl als kardiologische Rehabilitation von Herzkranken, als auch zur primären und sekundären Prävention von KHK.

4.4 Empfehlungen für die Praxis

Mit der Dauer von 60 Minuten pro Trainingseinheit liegt eine gut ausgewählte Belastungsdauer vor [48, 124, 45]. Die Bewegungsabläufe des Indoor-Cycling sind recht unkompliziert und es besteht die ständige Betreuung und Kontrolle durch den Trainer.

Das Indoor-Cycling ist gleichzeitig eine Schulung der Ausdauer, der Beinkraft und der Koordination.

Das Indoor-Cycling findet nicht im Freien, sondern in einem geschlossenen Raum statt, welches zum Fehlen von Fahrtwind und natürlicher Luftbewegung führt. Aus diesem Grunde ist die Schweißbildung enorm hoch und es kommt somit zu einem Verlust an lebenswichtigen Mineralstoffen und Spurenelementen, welcher eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme voraussetzt. Auf diese Tatsache sollten die Teilnehmer vor jeder Stunde hingewiesen werden.

Aufgrund der Gefahr der Überlastung des Herz-Kreislauf-Systems, besonders bei untrainierten Kursteilnehmern sollte von dem Trainer immer auf eine Intensitätskontrolle durch Herzfrequenzmessung hingewiesen werden.

In Folge der muskulären Ermüdung kann es zu einer Überlastung kommen, die sich charakteristisch für das Radfahren in einer Reduzierung der Leistungsfähigkeit, in einer verlangsamten und unsicheren Motorik durch Beeinträchtigung der Koordination und durch Antriebsverlust bemerkbar machen. Als Ursachen dafür gelten [144]:

- Anhäufung von Stoffwechselzwischen- und endsubstanzen (wie z.B. Laktat)
- Erschöpfung von energiebereitstellenden und energieliefernden Prozessen

- Änderung des physiko-chemischen Zustandes (Membranen, Kalium)
- Störung der Regulation und der Koordination (Hemmung im ZNS)
- Transmitter-Ermüdung

Bei zu ehrgeizigen Untrainierten kommt es u. U. durch das neue, ungewohnte Training nicht zur gewünschten Adaption und Leistungsverbesserung. Dies liegt daran, dass in der Atmungskette O₂-Radikale entstehen, die bei Ausdauerbelastungen bei unzureichender antioxidativer Kapazität entstehen. Somit stellt das ungewohnte Training in der Summation einen oxidativen Stress dar, der für die fehlende Adaption verantwortlich gemacht werden kann [159].

Ein von der Sucht des Indoor-Cycling befallener Sportler wird schnell von seinem falschen Ehrgeiz beflügelt und glaubt, bei jeder Trainingseinheit bis an seine Grenzen gehen zu müssen. Dies kann auf die Dauer das Gegenteilige bewirken und zum Übertraining führen.

Eine mangelnde Einweisung in den Sport durch den Trainer kann nicht nur zu einer körperlichen Überforderung, sondern auch zu einer erhöhten Verletzungsgefahr führen. Als Beispiel sei angeführt, dass die unsachgemäße Fixierung des Pedalsystems aufgrund des Nachrolleffektes der Schwungscheibe zu schwerwiegenden Verletzungen des Unterschenkels und beteiligter Strukturen führen kann. Eine klare und kompetente Einweisung durch den Trainer ist Grundlage um diese Risikofaktoren des Indoor-Cycling auszuschalten.

Die „cool down“ Phase in einem Indoor-Cycling-Kurs sollte mit dem Stretching möglichst lang andauern [33]. Es sollte nicht mehr in den höheren Bereichen der Sauerstoffaufnahme gefahren werden, damit der Vorteil einer höheren Eliminationsrate des Laktats im Kurs genutzt werden kann.

MCLELLAN ET AL. (1982) gibt als optimale Nachbelastung auf dem Fahrradergometer eine Intensität von 29 bis 45 % der maximalen Sauerstoffaufnahme an. Eine aktive Erholungsphase führt im Gegensatz zu einer passiven Erholung zu einer signifikant höheren Eliminationsrate des Laktats und der Herzfrequenz [150, 118]. Auch GUPTA ET AL (1996) stellten heraus, dass eine kontrollierte, aktive Erholung die effektivste Methode zur Abnahme der Laktatwerte ist. Außerdem wirkt sich diese Form der Erholung positiv auf die Regenerationsprozesse der beanspruchten Muskulatur aus.

Das Indoor-Cycling ist eine Sportart, die seit ihrem Aufkommen zwiespältig betrachtet wird. Die Anhänger vergöttern ihre Sucht, während Skeptiker von ihrer Uneffektivität überzeugt sind. Tatsache ist, dass das Training stark von der Durchführung, also von dem Trainer und der Nachahmung der Teilnehmer abhängig ist. In vielen Fitness-Studios wird ein Training ohne jegliche Kontrolle von unerfahrenen Trainern

durchgeführt, in dem selbst die Anfänger direkt bis an ihre Grenzen geführt werden. Die Kurse sollten mit einem niedrigen Niveau beginnen. Parallel zur Leistungssteigerung der Teilnehmer sollte auch das Niveau der Kurse angehoben werden. Wenn ausreichend Kondition vorhanden ist, außerdem die Koordinationsfähigkeit besteht, sind Kurse wie das Power-Cycling geeignet, um die anaerobe Ausdauer, die Laktattoleranz zu steigern. Außerdem kann das Indoor-Cycling als Wintertraining für Radfahrer genutzt werden, indem lange Trainingseinheiten (1,5-2 Stunden) knapp unterhalb der aerob-anaeroben Schwelle mit kurzen Sprint- oder Bergintervallen gefahren werden.

Das Indoor-Cycling ist somit eine Sportart für Jedermann, wenn es dem passenden Trainingsziel und Leistungsniveau angepasst wird.

5 Zusammenfassung

Indoor- Cycling ist ein nicht mehr wegdenkbarer fester Bestandteil der amerikanischen Fitnessszene und seit einigen Jahren auch zu einem Muss in deutschen Fitnessstudios geworden. Von der gezielten Fettverbrennung mit Gewichtsabnahme über Ausdauertraining bis hin zum Krafttraining ist alles mit dem Indoor-Cycling-Training möglich [56]. Oft geben die Radfahrer als Grund ihrer Teilnahme von Fitnesskursen Gesundheit, Ausgleich, Entspannung, soziale Kontakte oder Leistungssteigerung an. Somit hat jeder Teilnehmer sein individuelles Trainingsziel, welches ein spezielles kontrolliertes Training benötigt.

Aus diesem Grunde werden in dieser Arbeit die unterschiedlichen gesundheitsspezifischen Parameter auf den Körper durch zwei verschiedene Trainingsformen, dem Fatburner und Power-Cycling-Training, ermittelt und gegenübergestellt.

Hierzu stellten sich insgesamt 36 Probanden (19 männliche und 17 weibliche Probanden) zur Verfügung. 30 Teilnehmer wurden auf die Kurse Fatburner und Power-Cycling aufgeteilt. Die übrigen 6 Teilnehmer wurden als Kontrollgruppe genutzt. Nach einer umfangreichen Eingangsuntersuchung bestehend aus ärztlicher Untersuchung, venöser Blutabnahme, einem Ruhe-EKG, einer Herzfrequenzvarianzanalyse und einer umfangreichen spiroergometrischen Leistungsdiagnostik wurde eine isokinetische und isometrische Kraftmessung und eine Sprungkraftmessung durchgeführt.

Anschließend wurde das 2-monatige Training mit 2 Trainingseinheiten pro Woche für 1 Stunde in den jeweiligen Kursen vollzogen. Die Probanden der Kontrollgruppe hatten sich in den 2 Monaten nicht sportlich betätigt bzw. waren ihrem normalen Alltag nachgegangen.

Zum Abschluss wurde die Eingangsuntersuchung wiederholt.

Folgende Ergebnisse zeigten sich:

- Die Belastungsintensität im **Fatburner-Kurs** lag mit einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 137,2 S/min und einem durchschnittlichen Laktatwert von 2,12mmol/l durchgehend im aeroben Bereich. Diese Intensität bot nicht genügend Reiz, um signifikante Verbesserungen in Bezug auf die Ökonomisierung des Herz-Kreislauf-Systems zu erreichen.
- In dem **Power-Cycling-Kurs** lag die mittlere Herzfrequenz bei 157,0 S/min und der mittlere Laktatwert bei 5,06 mmol/l, somit ständig im anaeroben Bereich. Auch

diese Trainingsintensität zeigte in Bezug auf die Ökonomisierung des Herz-Kreislauf-Systems keine signifikanten Verbesserungen.

- Das subjektive Belastungsempfinden reicht zur Intensitätssteuerung in einem Indoor-Cycling-Kurs nicht aus, da die Teilnehmer zu einer Überschätzung ihrer eigenen Leistung neigen. Aus diesem Grunde sollte ein Indoor-Cycling-Kurs grundsätzlich unter einer ständigen Herzfrequenzkontrolle durchgeführt werden.
- Das Fahren im Stehen erwies sich als unökonomische Fahrweise. Lediglich beim Fahren mit viel Widerstand kann dieser Fahrstil zur Ökonomisierung genutzt werden. Beim Sprinten im Stehen lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei 169,5 S/min und der Laktatwert bei 7,17 mmol/l, während beim Bergauf fahren im Stehen die Herzfrequenz mit 163,9 S/min geringfügig niedriger war und der Laktatwert mit 5,09 mmol/l deutlich niedriger lag.
- Der **Power-Cycling-Kurs** zeigt höchst signifikante Verbesserungen in der Leistung. Die Teilnehmer konnten nach dem Training höhere Wattzahlen treten (vorher: 232,4 Watt, nachher: 251,4 Watt). Der **Fatburner-Kurs** zeigte signifikante Veränderungen (vorher: 197,0 Watt, nachher: 210,5 Watt). Außerdem wiesen die Teilnehmer der **Power-Cycling-Gruppe** eine Steigerung der Maximalkraft auf, was anhand der Messwerte der isokinetischen und isometrischen Kraft sowie an der Sprungkraft zu erkennen war. Diese Kraftsteigerung ließ sich jedoch nicht an der aerob-anaeroben Schwelle nachweisen.
- Zur Gewichtsabnahme ist das Indoor-Cycling bedingt geeignet, da das frühzeitige Erreichen der Reizschwelle der Muskulatur beim Radfahren zu einer Leistungssteigerung und somit zu einer Hypertrophie der beanspruchten Muskulatur und einer damit zunächst verbundenen Gewichtszunahme führt.
- Klare Aussagen über den Lipidmetabolismus lassen sich durch diese Studie nicht machen, da er von vielen Faktoren beeinflusst wird. Schon in vielen Studien wurde dieser Parameter kontrovers diskutiert.

An dieser Stelle sei gesagt, dass durch ein wiederholtes, moderates Training bei niedriger Intensität es zu Resultaten kommen kann, die in einer klinischen Studie nicht entdeckt werden, jedoch einen positiven Effekt auf den Körper haben [79].

Das Indoor-Cycling beinhaltet einen hohen Spaßfaktor und je nach Durchführung viele positive Effekte, wie die primäre und sekundäre Prävalenz vor und die Rehabilitation von kardiovaskulären Krankheiten, die allgemeine Fitness und Leistungssteigerung und die Steigerung der Maximalkraft.

6 Literaturverzeichnis

- [1] ALLMANN, H.: Maximalkraft und Sprintleistung - Maximalkrafttraining im Sprinttraining. In: M. Bührle (Hrsg.), Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schriftenreihe des BiSp, Band 56. Schorndorf: Karl Hofmann. (1985)
- [2] AMERICAN HEART ASSOCIATION AND THE NATIONAL HEART, L. A. B. I.: The cholesterol facts. A joint statement. *Circulation* 81 (1990): 1721-1733
- [3] ANSELL, B. J., WATSON, K.E., FOGELMAN, A.M.: An evidence-based assessment of the NCEP Adult Treatment Panel II guidelines. National Cholesterol Education Program. *JAMA* 21 (1999): 2051-2057
- [4] ASHTON, W. D., NANCHAD, K., WOOD, D.A.: Leisure-time physical activity and coronary risk factors in women. *J Cardiovasc Risk* 7 (2000): 259-266
- [5] ASSMANN, G., SCHULTE, H., ECKARDSTEIN VON, A.: Hypertriglyceridemia and Elevated Lipoprotein(a) Are Risk Factors for Major Coronary Events in Middle-Aged Men. *Am J of cardiology* 14 (1996): 1179-1184
- [6] ASSMANN, G., CARMENA, R., CULLEN, P., FRUCHART, J.-P., JOSSA, F., LEWIS, B., MANCINI, M., PAOLETTI, R.: Coronary heart disease: Reducing the risk. / www.circulationaha.org. *Circulation* 100 (1999): 1930-1938
- [7] BACURAU, R. F., BASSIT, R.A., SAWADA, L., NAVARRO, F., MARTINS, E.Jr., COSTA ROSA, L.F.: Carbohydrate supplementation during intense exercise and the immune response of cyclists. *Clin Nutr* 5 (2002): 423-429
- [8] BALADY, G. J., FLETCHER, B.J., FROEHLICHER, E.F. ET AL.: Cardiac rehabilitation programs: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 90 (1994): 1602-1610

- [9] BEERE, P. A., RUSSEL, S.D., MOREY, M.C., KITZMANN, D.W., HIGGINBTHAM, M.B.: Aerobic exercise training can reverse age-related peripheral circulatory changes in healthy older men. *100* (1999): 1085-1094
- [10] BELMAN, M. J., GAESSER, G.A.: Exercise training below and above the lactate threshold in the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 23 (1991): 562-568
- [11] BERBALK, A., NEUMANN, G.: Leistungsdiagnostische Wertigkeit der HRV bei der Fahrradergometrie. Abstract (2001)
- [12] BERG, A., HALLE, M., BAUMSTARK, M., FREY, I., KEUL, J.: Einfluß und Wirkungsweise der körperlichen Aktivität auf den Lipid- und Lipoproteinstoffwechsel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 42 (1991): 224-231
- [13] BERNARD, T., GIACOMONI, M., GAVARRY, O., SEYMAT, M., FALGAIRETTE, G.: Time-of-day effects in maximal anaerobic leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1-2 (1998): 133-138
- [14] BLAIR, S. N., KOHL, H.W., PAFFENBERGER, R.S., CLARK, D.G., COOPER, K.H., GIBBONS, L.W.: Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *J of American Med Association* 17 (1989): 2395-2401
- [15] BORGES, O.: Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. *Scand J Rehab Med* 1 (1989): 45-53
- [16] BOUCHARD, C., DESPRES, J.P., TREMBLAY, A.: Exercise and obesity. *Obes Res* 1 (1993): 147-199
- [17] BRAUMANN, K.-M., TEGTBUR, U., BUSSE, M.W, MAASSEN, N.: Die "Laktatsenke"- Eine Methode zur Ermittlung der individuellen Dauerleistungsgrenze. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 42 (1991): 240-246
- [18] BROWN, G., ALBERS, J.J., FISHER, L.D., SCHAEFER, S.M., LIN, J.T., KAPLAN, C., ZHAO, X.Q., BISSON, B.D., FIITZPATRICK, V.F., DODGE, H.T.: Regression of coronaryartery disease as a result of intensive lipid-lowering therapy in men with high levels of apolipoprotein B. *N Engl J Med* 323 (1990): 1289-1298

- [19] BYRNE, N. M., HILLS, A.P.: Relationships between HF and VO₂ in the obese. *Med Sci Sports Exerc* 9 (2002): 1419-1427
- [20] CAFARELLI, E., LIEBESMAN, J., KROON, J.: Effect of endurance training on muscle activation and force sensation. *Can J Physiol Pharmacol* 12 (1995): 1765-1773
- [21] CALLE, E. E., THUN, M.J., PETRELLI, J.M., RODRIGUEZ, C., HEATH, C.W.: Body-Mass Index and Mortality in a Prospective Cohort of U.S. Adults. *N Engl J Med* 15 (1999): 1097-1105
- [22] CARDIOLOGY, T. F. O. T. E. S. O.: Heart Rate Variability- Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation* 93 (1996): 1043-196
- [23] CARTER, J. B., BANISTER, E.W., BLABER, A.P.: The Effect of Age and Gender Heart Rate Variability after Endurance Training. *Med Sci Sports Exerc* 8 (2003): 1333-1340
- [24] CHANG, M., HAHN, R.A., TEUTSCH, S.M., HUTWAGNER, L.C.: Multiple risk factors and population attributable risk for ischemic heart disease mortality in the United States, 1971-1992. *J of Clinical Epidemiology* 6 (2001): 634-644
- [25] CHEN, C., DICARLO, S.E.: Endurance exercise training-induces resting bradycardia: a brief review. *Sports Med. Training Rehabil.* 8 (1997): 37-77
- [26] CHING, P. L., WILLETT, W.C., RIMM, E.B., COLDITZ, G.A., GORTMAKER, S.L., STAMPFER, M.J.: Activity level and risk of overweight in male health professionals. *Am J Public Health* 86 (1996): 25-30
- [27] COYLE, E. F., MARTIN, W.H., SINACORE, D.R., JOYNER, M.J., HAGBERG, J.M., HOLLOSZY, J.O.: Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J. Appl. Physiol.* 57 (1984): 1857-1864
- [28] DE LORGERIL, M., SALEN, P., DEFAYE, P., MABO, P., PAILLARD, F.: Dietary prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J* 23 (2002): 277-285
- [29] DE MAREES, H.: *Sportphysiologie.* (2002)

- [30] DELANEY, J. P., BRODIE, D.A.: Effects of short-term physiological stress on the time and frequency domains heart rate variability. *Percept. Mot. Skills* 2 (2000): 515-524
- [31] DESPRÉS, J. P., TREMBLAY, A., MOORJANI, S.: Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease. *Nutr Res Rev* 6 (1993): 137-159
- [32] DIXON, E. M., KAMATH, M.V., McCARTNEY, N., FALLEN, E.L.: Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *26* (1992): 713-719
- [33] DODD, S., POWERS, S.K., CALLENDER, T., BROOKS, E.: Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. *J Appl Physiol.* 57 (1984): 1462-1465
- [34] DONOVAN, C. M., BROOKS, G.A.: Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol* 144 (1983): E83-92
- [35] DRYGAS, W., KOSTKA, T., JEGIER, A., KUNSKI, H.: Long-term effects of different physical activity levels on coronary heart disease risk factors in middle-ages men. *Int J Sports Med* 21 (2000): 235-241
- [36] ECKBERG, D. L.: Human sinus arrhythmia as an index of vagal cardiac outflow. *J. Appl. Physiol.* 54 (1983): 961-966
- [37] ECKOLDT, K.: Verfahren und Ergebnisse der quantitativen automatischen Analyse der Herzfrequenz und deren Spontanvariabilität. *Dt. Gesundh.-Wesen* 39 (1984): 856-863
- [38] EHRICH, D., STUTZ, R., GEBEL, R.: Die Entwicklung und der Einsatz von Normensystemen als Steuerungselement für den Übergang nach einer Verletzung zur uneingeschränkten sportlichen Belastungsfähigkeit. *Leistungssport* 2 (2003): 52-59
- [39] EICHBERG, S., MARTIN, M.: Fitness und Gesundheit: Entwicklung und Zusammenhänge im mittleren höheren Erwachsenenalter. *SPW* 3 (2002): 303-319

- [40] EISELE, R., BREMER, J., HANNING, M.: Energie- und Fettstoffwechsel während Fahrradausbelastungen unterschiedlicher Intensität. Sportartspezifische Leistungsdiagnostik. Energetische Aspekte. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft 6 (1998)
- [41] ENDO, M., TAUCHI, S., HAYASHI, N., KOGA, S., ROSSITER, H.B., FUKUBA, Y.: Facial cooling-induced bradycardia does not slow pulmonary $\dot{V}O_2$ kinetics at the onset of high-intensity exercise. *J App Physiol* 4 (2003): 1623-1631
- [42] EVANS, J. M., ZIEGLER, M.G., PATWARDHAN, A.R., OTT, J.B., KIM, C.S., LEONELLI, F.M., KNAPP, C.F.: Gender differences in autonomic cardiovascular regulation: spectral, hormonal and hemodynamic indexes. *J App Physiol* 91 (2001): 2611-2618
- [43] FARRELL, S. W., KAMPERT, J.B., KOHL, H.W., BARLOW, C.E., MACERA, C.A., PAFFENBARGER, R.S., GIBBONS, L.W., BLAIR, S.N.: Influences of cardiorespiratory fitness levels and other predictors on cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998): 899-905
- [44] FATTIROLI, F., CELLAI, T., BURGISSER, C.: Physical activity and cardiovascular health a close link. *Monaldi Arch Chest Dis* 1 (2003): 73-78
- [45] FORREST, K. Y.-Z., BUNKER, C.H., KRISKA, A.M., UKOLI, F.A.M., HUSTON, S.L., MARKOVIC, N.: Physical activity and cardiovascular risk factors in a developing population. *Med Sci Sports Exerc* 9 (2001): 1598-1604
- [46] FROBÖSE, I., WAFFENSCHMIDT, S.: Trainingsbuch Indoor-Cycling. (2001)
- [47] FUTOSHI, O., STAM, R.P., TAZAWA, H.O.: Oxygen uptake in one-legged and two-legged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 10 (2000): 1737-1742
- [48] GOHLKE, H., KUBLER, W., MATHES, P., MEINERTZ, T., SCHULER, G., GYSAN, D.B., SAUER, G.: Empfehlungen zu umfassenden Risikoverringerung für Patienten mit koronarer Herzerkrankung, Gefäßerkrankung und Diabetes. *Z Kardiol* 2 (2002): 61-62
- [49] GOLDING, J.: Instructor Manual Spinning. (1997)

- [50] GOLDSMITH, R. L., BLOOMFELD, D.M., ROSENWINKEL, E.T.: Exercise and autonomic function. *Coron. Artery Dis.* 11 (2000): 129-135
- [51] GOTTLÖB, A.: *Differenziertes Krafttraining.* (2001)
- [52] GUPTA, S., GOSWAMI, A., SADHUKHAN, A.K., MATHUR, D.N.: Comparative study of lactate removal in short term massage extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *Int J Sports Med* 2 (1996): 106-110
- [53] HAAPANEN, N., MIILUNPALO, S., PASANEN, M., OJA PVUORI, I.: Association between leisure time physical activity and 10-year body mass change among working-aged men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 21 (1997): 288-296
- [54] HAKIM, A. A., PETROVITCH, H., BURCHFIEL, C.M. ET AL: Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *N Engl J Med* 338 (1998): 94-99
- [55] HARRIDGE, S. D., BOTTINELLI, R., CANEPARI, M., PELLEGRINO, M., REGGIANI, C., ESBJORNSSON, M., BALSOM, P.D., SALTIN, B.: Sprint training, in vitro and in vivo muscle function, and myosin heavy chain expression. *J App Physiol* 2 (1998): 442-449
- [56] HECK, H., LIESEN, H., MADER, A., POMMERENIG, B., HOLLMANN, W.: *Das Verhalten von Laktat und Pulsfrequenz auf zwei verschiedenen Laufbändern mit und ohne Spirographenmaske und auf der Kunststoffbahn. Leistung und Gesundheit.* Deutscher Ärzte-Verlag (1983)
- [57] HECK, H.: *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Studienbrief der Trainerakademie Köln des deutschen Sportbundes* 8 (1990)
- [58] HECK, H., SCHULZ, H.: *Diagnostics of anaerobic power and capacity.* *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 7/8 (2002): 202-212
- [59] HEDELIN, R., KENTAÁ, G., WIRKLUND, U., BJERLE, P., HENRIKSSON, LARSÉN, K.: Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 8 (2000): 1480-1488

- [60] HEID, J., FROMME, A., ZIPF, K.E.: Vergleich funktionspezifischer Funktionsparameter, bezogen auf gleiche metabolische Leistung bei Fahrrad- und Laufbandtests. Sportmedizin- Kursbestimmung (1987)
- [61] HEIDRICH, J., WELLMANN, J., HENSE, H.W., SIEBERT, E., LIESE, A.D., LÖWEL, H., KEIL, U.: Classical risk factors for myocardial infarction and total mortality in the community. Z. Kardiol 92 (2003): 445-454
- [62] HERMANSEN, L., EKBLÖM, B., SALTIN, B.: Cardiac output during submaximal treadmill and bicycle exercise. J Appl Physiol 29 (1970): 82-86
- [63] HICKSON, R. C., ROSENKOETTER, M.A.: Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. Med Sci Sports Exerc 13 (1981): 13-16
- [64] HOLLMANN, W., HETTINGER, TH.: Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen. (1990)
- [65] HOLLMANN, W., MADER, A.: Grenzen der Leistungsfähigkeit des Menschen aus physiologischer Sicht. Leistungssport 1 (2000): 11-17
- [66] HOLLMANN, W., STRÜDER, H.: Gehirngesundheit, -leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 9 (2003): 265-266
- [67] HOTTENROTT, K., ZÜLCH, M.: Ausdauertrainer Radsport. (2000)
- [68] HOULE, M. S., BILLMANN, G.E.: Low-frequency component on the heart rate variability spectrum: a poor maker of symphaetic activity. Am J Physiol 276 (1999): 215-223
- [69] HULTMANN, E., HARRIS, R.C.: Carbohydrate metabolism. Med Sport Sci Basel (1988): 27-119
- [70] HUONEKER, M., SCHMIDT-TRUCKSÄß, A., HEISS, H.W., KEUL, J.: Effects of physical training on age-related structural and functional changes of the cardiovascular system and skeletal muscles. Z. Gerontol Geriat 35 (2002): 151-156

- [71] INGRAM, D. K.: Age-related decline in physical activity. Generalization to nonhumans. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000): 1623-1629
- [72] JAKOB, E., ARRATIBEL, I., STOCKHAUSEN, W.: Die Herzfrequenz als Kenngröße der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung. *Leistungssport* 5 (1988): 23-25
- [73] JAMA: Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 285 (2001): 2486-2497
- [74] JOYLIFFE, J. A., REES, K., TAYLOR, R.S., THOMPSON, D., OLDRIDGE, N., EBRAHIM, S.: Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. *The Cochrane Library* 1 (2003)
- [75] KASCH, F. W., PHILLIPS, W.H., CARTER, J.E., BOYER, J.L.: Cardiovascular changes in middle-aged men during two years of training. *J. Appl. Physiol.* 34 (1973): 53-57
- [76] KATCH, F. I.: Relationship between the differences in treadmill and bicycle ergometer maximal oxygen uptake to maximal leg strength, leg weight and leg volume. *Int. Wissenschaftskongress "Sport in unserer Welt - Chancen und Probleme"*, München (1972)
- [77] KATCH, F. I.: Optimal duration of endurance performance on the cycle ergometer in relation to maximal oxygen intake. *Ergonomics* 2 (1973): 227-235
- [78] KATZMARZYK, P. T., GAGNON, J., LEON, A.S., SKINNER, J.S., WILMORE, J.H., RAO, D.C., BOUCHARD, C.: Fitness, fatness, and estimated coronary heart disease risk: The HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001): 585-590
- [79] KESANIEMI, Y. A., DANFORTH, E., JENSEN, M.D.: Dose-reponse issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001): 351-358
- [80] KEUL, J., KINDERMANN, W., SIMON, G.: Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. *Leistungssport* 1 (1978): 22-32

- [81] KOEPCHEM, H. P.: Zentralnervöse und reflektorische Steuerung der Herzfrequenz. Innervation des Herzens (1982)
- [82] KOHL, H.R.: Physical activity and cardiovascular disease: evidence for a dose reponse. *Med Sci Sports Exerc* 6 (2001): 472-483
- [83] KRAEMER, W. J., VOLEK, J.S., CLARK, K.L., GORDON, S.E., INCLEDON, T., PUHL, S.M., TRIPLETT-McBRIDE, N.T., McBRIDE, J.M., PUTUKIAN, M.S., SEBASTIANELLI, W.J.: Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol* 83 (1997): 270-279
- [84] KRAUS, W. E., HOUMARD, J.A., DUSCHA, B.D. , KNETZGER, K.J., WHARTON, M.B., McCARTNEY, J.S., BALES, C.W., HENES, S., SAMSA, G.P., OTVOS, J.D., KULKARNI, K.R., SLENTZ, C.A.: Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med* 347 (2002): 1483-1492
- [85] KUCH, B., HENSE, H.W., SINNREICH, R., KARK, J.D., VON ECKARDSTEIN, A., SAPOZNIKOV, D.: Determinants of short-period HRV in the general population. *Cardiology* 3 (2001): 131-138
- [86] LA NOUE, K. S., NICLAS, W.J., WILLIAMSON, J.R.: Control of citric acid cycle activity in rat heart mitochondria. *J Biol Chem* 245 (1970): 102
- [87] LAGERSTRØM, D., LIESEN, H., HAMM, M.: Ausdauer. Ein Leitfaden für Ausdauersportler und solche, die es werden wollen. *Echo* (1991)
- [88] LAN, C., CHOU, S.W., CHEN, S.Y., LAI, J.S., WONG, M.K.: The aerobic capacity and ventilatory efficiency during exercise in Qigong and Tai Chi Chuan practitioners. *Am J Chin Med* 1 (2004): 141-150
- [89] LAWRENCE, G. P., HOME, P.D., MURRAY, A.: Repeatability of measurements and sources of variability in tests of cardiovascular autonomic function. *Br Heart J* 68 (1992): 205-211
- [90] LEE, I. M., HSIEH, C.C., PAFFENBARGER, R.S.: Exercise intensity and longevity in men. The Harvard Alumni Health Study. *JAMA* 273 (1995): 1179-84

- [91] LEE, I. M., REXRODE, K.M., COOK, N.R., MANSON, J.E., BURING, J.E.: Physical activity and coronary heart disease in women: is "no pain, no gain" passe? JAMA 11 (2001): 1447-1454
- [92] LEE, I. M., SESSO, H.D., OGUMA, Y., PAFFENBARGER, R: Relative Intensity and Risk of Coronary Heart Disease. Circulation 107 (2003): 1110-1116
- [93] LEE, I. M.: No pain, no gain? Thoughts on the Caerphilly study. Br J Sports Med 38 (2004): 4-5
- [94] LEON, A. S., SANCHEZ, O.A.: Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. Med Sci Sports Exerc 33 (2001): 528-529
- [95] LEVY, W. C., CERQUEIRA, M.D., ABRASS, I.B., SCHWARTZ, R.S., STRATTON, J.R.: Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older men. : 116-126 (1993)
- [96] LI, R. C., WU., Y., MUFFULLI, N., CHAN, K.M., CHAN, J.L.: Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. Br J Sports Med 2 (1996): 156-160
- [97] LI, L., CALDWELL, G.E.: Muscle coordination in cycling: Effect of surface incline and posture. J. Appl. Physiol. 85 (1998): 927-934
- [98] LOIMAALA, L., HUIKURI, H.V., OJA, P., PASANEN, M., VUORI, I.: Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability of baroreflex sensitivity. J. Appl. Physiol. 89 (2000): 1825-1829
- [99] MADER, A., HECK, H., HOLLMANN, W.: Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of postexercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. Internat. Congress Science and Sport. (1976)
- [100] MALIK, M.: Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Circulation 93 (1996): 1043-1065 and Eur Heart J 17 (1996): 354-381

- [101] MANSON, J. E., COLDITZ, G.A., STAMPFER, M.J., WILLETT, W.C., ROSNER, B., MONSON, R.R., SPEIZER, F.E., HENNEKENS, C.H.: A prospective study of obesity and risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 13 (1990): 882-889
- [102] MANSON, J. E., HU, F.B., RICH-EDWARDS, J.W., COLDITZ, G.A., STAMPFER, M.J., WILLETT, W.C., SPEIZER, F.E., HENNEKENS, C.H.: A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 9 (1999): 650-658
- [103] MANSON, J. E., GREENLAND, P., LACROIX, A.Z.: Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 347 (2002): 716-725
- [104] MATHES, P.: *Herzinfarkt. dtv ratgeber* (1994)
- [105] MATVEJEW, L. P.: *Periodisierung des sportlichen Trainings* (1972)
- [106] MAYER, F., HORSTMANN, T., KÜSSWETTER, W., DICKHUTH, H.H.: Isokinetik - Eine Standardbestimmung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 15 (1994): 26-3
- [107] McARDLE, W. D., KATCH, F.I., KATCH, V.L.: *Essentials of exercise physiology.* Lea & Febiger. (1994)
- [108] McLELLAN, T. M., SKINNER, J.S.: The use of the aerobic threshold as a basic for training. *Can J Appl Sport Sci* 6 (1981): 197-201
- [109] McLELLAN, T. M., SKINNER, J.S.: Blood lactate removal during active recovery related to aerobic threshold. *Int J Sports Med* 3 (1982): 224-227
- [110] McLELLAN, T. M., JACOBS, I.: Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 2 (1993): 125-131
- [111] MEDICINE, A. C. O. S.: The recommended quality and quantity of exercise for developing and maintaining fitness in health adults. *Med Sci Sports Exerc* 22 (1990): 265-274

- [112] MEDICINE, A. C. O. S.: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998): 975-991
- [113] MELANSON, E. L., FREEDSON, P.S.: The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol* 85 (2001): 442-449
- [114] MENOTTI, A., BLACKBURN, H., KROMHOUT, D.: Changes in population cholesterol levels and coronary heart disease death in Seven Countries. *Eur Heart J* 18 (1997): 566-571
- [115] MEYER, T., KINDERMANN, W.: Die maximale Sauerstoffaufnahme. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 9 (1999): 285-286
- [116] MEYER, T.: Der Respiratorische Quotient. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1 (2003): 29-30
- [117] MILES, D. S., CRITZ, J.B., KNOWLTON, R.G: Cardiovascular, metabolic and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 12 (1979): 14-19
- [118] MONEDERO, J., DONNE, B.: Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med* 21 (2000) 593-597
- [119] MORRIS, J. N., CLAYTON, D.G., EVERITT, M.G., POLLARD, R.: Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *Br Heart J* 63 (1990): 325-334
- [120] NEUMANN, G., SCHÜLER, K.P.: Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. *Sportmedizinische Schriftenreihe* 29 (1994)
- [121] NIEBAUER, J., HAMBRECHT, R., VELICH, T., HAUER, K., MARBURGER, C., KALBERER, B., WEISS, C., VON HODENBERG, E., SCHLIERF, G., SCHULER, G., ZMMERMANN, R., KUBLER, W.: Attenuated progression of coronary artery disease after 6 years of multifactorial risk intervention: role of physical exercise. *Circulation* 96 (1997): 281-288

- [122] ÖRI, Z., MONIR, G., WEISS, J., SAYHOUNI, X., SINGER, D.H.: Heart rate variability: Frequency domain analysis. *Cardiol Clin* 10 (1992): 499-537
- [123] PAGANI, M., MALLIANI, A.: Interpreting oscillations of muscle sympathetic nerve activity and heart rate variability. *J. Hypertens.* 18 (2000): 1709-1719
- [124] PATE, R. R., PRATT, M., BLAIR, S.N., HASKELL, W. L., MACERA, C.A., BOUCHARD, C., BUCHNER, D., ETTINGER, W., HEATH, G.W., KING, A.C.: Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine (CDC/ACSM). *JAMA* 273 (1995): 402-407
- [125] PEKKANEN, J., LINN, S., HEISS, G., SUCHINDRAN, C.M., LEON, A., RIFKIND, B.M., TYROLER, H.A.: Ten-year mortality from cardiovascular disease in relation to cholesterol level among men with and without preexisting cardiovascular disease. *N Engl J Med* 24 (1990): 1700-1707
- [126] PENTTILÄ, J., HELMINEN, A., JARTTI, T., KUUSELA, T., HUIKURI, H.V., TULPPO, M.P.: Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. *Clin Physiol* 3 (2001): 365-376
- [127] POLLOCK, M. L., GAESSER, G.A., BUTCHER, J.D., DESPRÉS, J.-P., DISHMAN, R.K., FRANKLIN, B.A., GARBER, C.E.: ACSM Position Stand: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc* 6 (1998): 975-991
- [128] POWELL, H. E., THOMPSON, P.D., CASPERSEN, C.J.: Physical activity and incidence of coronary heart disease. *Ann Rev Public Health* 8 (1987): 253-287
- [129] RIECKERT, H.: Sportphysiologische Grundlagen der Bewegungstherapie bei Patienten mit koronaren Herzkrankheiten. In: Kolenda, K.-D.: Stellenwert und Praxis der Bewegungstherapie im Rahmen der kardiologischen Rehabilitation (1992): 14-18
- [130] ROST, R., HOLLMANN, W.: Belastungsuntersuchungen in der Praxis. (1982)

- [131] ROST, R.: Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten. Deutscher Ärzte-Verlag. (1991)
- [132] ROST, R.: Die Bedeutung körperlicher Aktivität in der Prävention arteriosklerotischer Erkrankungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 46, Sonderheft 1 (1995): 58-72
- [133] RÖCKER, K., DICKHUT, H.-H., NIEß, H.-H.: Prinzipien aerober Leistungsdiagnostik. Sportartspezifische Leistungsdiagnostik. Energetische Aspekte. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft 6 (1998)
- [134] RUDACK, P.: Spirografische und metabolische Belastungscharakteristika des Trainings auf den Cardiofitnessgeräten Moonwalker, Crosstrainer und Indoor-Cycling Bike im Vergleich zu standardisierten fahrrad- bzw. laufbandergometrischen Belastungen. (2001)
- [135] RYAN, S. M., GOLDBERGER, A.L., PINCUS, S.M., MIETUS, J., LIPSITZ, L.A.: Gender-, and age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? J. Am. Coll. Cardiol. 24 (1994): 1700-1707
- [136] RYSCHON, T. W., STRAY-GUNDERSON, J.: The effect of body position on the energy cost of cycling. Med Sci Sports Exerc 23 (1991): 949-953
- [137] SCHMIDT, R. F., THEWS, G.: Physiologie des Menschen. Springer Verlag, Berlin (1995)
- [138] SCHMIDTBLEICHER, D.: Training in Schnellkraftsportarten. Aus: Komi et al., Kraft und Schnellkraft im Sport. 1.Aufl. Köln: Deutscher Ärzte. (1994): 374-387
- [139] SCHNABEL, G.: Leistung - Training - Wettkampf. Sportverlag. (1997)
- [140] SCHUIT, A. J., VAN AMELSVOORT, L.G., VERHEIJ, T.C.: Exercise training and heart rate variability in older people. Med Sci Sports Exerc 31 (1999): 816-821
- [141] SDRINGOLA, S., NAKAWAGA, K., NAKAWAGA, Y., YUSUF, S.W., BOCCALANDRO, F., MULLANI, N., HAYNIE, M., HESS, M.J., GOULD, K.L.: Combined intense lifestyle and pharmacologic lipid treatment further reduce coronary events and myocardial perfusion abnormalities compared with usual-care cholesterol-lowering drugs in coronary artery disease. J Am Coll Cardiol 41 (2003): 263-272

- [142] SHI, X., STEVENS, G., FORESMAN, S., STERN, S., RAVEN, P.: Autonomic nervous system control of the heart: endurance and exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 27 (1995): 1406-1413
- [143] SIMON, G.: Prinzipien der aeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Sonderheft 1* (1998) 61-63
- [144] SIMONSON, E.: *Physiology of Work Capacity and Fatigue*. C.C.Thomas, Springfield/III (1971)
- [145] SMITH, M. L., HUDSON, D., GRAITZER, H., RAVEN, P.: Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance. *Med Sci Sports Exerc* 21 (1989): 40-44
- [146] SPATE-DOUGLAS, T., KEYSER, R.E.: Exercise intensity: its effect on the high-density lipoprotein profile. *Arch Phys Med Rehabil* 80 (1999): 691-695
- [147] STEFANICK, M. L.: Exercise and weight control. In: Holloszy, J.O. (Hrsg.). *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Williams & Williams, Baltimore (1993): 363-396
- [148] STEFANICK, M. L., MACKEY, S., SHEEAN, M., ELLSWORTH, N., HASKELL, W.L., WOOD, P.D.: Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N Engl J Med*. (1998) Jul 2; 339(1): 12-20. 1 (1998): 12-20
- [149] STEIN, P. K., EHSANI, A.A., DOMITROVICH, P.P., KLEIGER, R.E., ROTTMAN, J.N.: Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. *Am Heart. J.* 138 (1999): 567-576
- [150] TAKAHASHI, T., MIYAMOTO, Y.: Influence of light physical activity on cardiac responses during recovery from exercise in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 77 (1998): 305-311
- [151] TANAKA, H., BASSETT, D.R., BEST, S.K., BAKER, K.R.: Seated versus standing cycling in competitive road cyclists. Uphill climbing and maximal oxygen uptake. *Can J Appl Physiol* 21 (1996): 146-154

- [152] THIEß, G., SCHNABEL, G., BAUMANN, R.: Training von A-Z. Sportverlag (1980)
- [153] VERSCHUREN, W. M., JACOBS, D.R., BLOEMBERG, B.P., KROMHOUT, D., MENOTTI, A., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., DONTAS, A.S., FIDANZA, F.: Serum total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures. Twenty-five-year follow-up of seven countries study. JAMA 2 (1995): 131-136
- [154] VOLLMER, H.: Herzinfarkt und Schlaganfall. Ratgeber Ehrenwirth (1995)
- [155] VÖLKER, K., GRACHER, M., WIBBELS, T.: Über die Notwendigkeit der Steuerung der Belastungsintensität im Breitensport. Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt (1985)
- [156] WEICKER, H.: Interaktion zwischen aerober und anaerober Energieproduktion, Laktatproduktion, Release und Elimination. In: Clasing, D., Weicker, H., Böninb, D.: Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik, Gustav Fischer Verlag: 11-25 (1994)
- [157] WEINECK, J.: Optimales Training. In: Beiträge zur Sportmedizin, Band 10. (1990)
- [158] WEISSER, B., FODL, A., SMIALEK, N., MECHLING, H.: Effekte eines Kraft- und Ausdauertrainings auf den CD4/CD8 Quotienten bei Älteren. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 7/8 (2003) 59
- [159] WEIß, M., VANGALA, M., SCHNITTKER, R., FALKE, W.: Frustrantes Training wegen oxidativem Stress? In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin (2003) 29
- [160] WELTMANN, A., SEIP, R.L., SNEAD, D., WELTMANN, J.Y., HASKVITZ, E.M., EVANS, W.S., VELDHUIS, J.D., ROGAL, A.D.: Exercise training at and above the lactate threshold in previously untrained women. Int J Sports Med 13: 257-263 (1992)
- [161] WENGER, H. A., BELL, G.J.: The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. Sports Med 3 (1986): 346-356
- [162] WENGER, N. K., FROEHLICHER, E.S., SMITH, L.K., ET AL.: Cardiac Rehabilitation: Clinical Practice Guideline No. 17. Rockville, Md: US Dept of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Health Care Policy and Research, National Heart, Lung and Blood Institute, AHCPR publication No. 96-0672 (1995)

- [163] WILLETT, W. C., DIETZ, W.H., COLDITZ, G.A.: Guidelines for healthy weight. *N Engl J Med* 341 (1999): 427-434
- [164] WILLIAMS, D.-H.: The influence of twelve weeks of aerobic training and the blood lipids of middle-aged-men. *Z Gerontol* 24 (1991): 81-87
- [165] WILLIAMS, P. T.: Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001): 754-761
- [166] WILLIAMSON, D. F., MADANS, J., ANDA, R.F., KLEINMANN, J.C., KAHN, H.S., BYERS, T.: Recreational physical activity and ten-year weight change in a US national cohort. *Int J Obes Relat Metab Disord* 17 (1993): 279-286
- [167] WILLIMCZIK, K.: Statistik im Sport. Grundlagen - Verfahren - Anwendungen. 1 (1999)
- [168] WOOD, P. D., STEFANICK, M.L., DREON, D.M., FREY-HEWITT, B., GARAY, S.C., WILLIAMS, P.T., SUPERKO, H.R., FORTMANN, S.P., ALBERS, J.J., VRANIZAN, K.M.: Changes in plasma lipids and lipoproteins in overweight men during weight loss through dieting as compared with exercise. *N Engl J Med* 18 (1988): 1173-1179
- [169] WOOD, P. D., STEFANICK, M.L., WILLIAMS, P.T., HASKELL, W.L.: The effects on plasma lipoproteins of a prudent weight-reducing diet, with or without exercise, in overweight men and women. *N Engl J Med* 7 (1991): 461-466
- [170] YANOVSKI, S. Z., YANOVSKI, J.A.: Obesity. *N Engl J Med* 346 (2002): 591-60
- [171] YATACO, A. R., BUSBY-WHITEHEAD, J., DRINKWATER, D.T., KATZEL, L.I.: Relationship of body composition and cardiovascular fitness to lipoprotein lipid profiles in master athletes and sedentary men. *Aging (Milano)* 9 (1997): 88-94
- [172] YOON, T. S., PARK, D.S., KANG, S.W., CHUN, S., SHIN, J.S.: Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. *Yonsei Med J* 1 (1991): 32-43

- [173] YU, S., YARNELL, J.W., SWEETNAM, P.M. ET AL: What level of physical activity protects against premature cardiovascular death? The Cearphilly study. *Heart* 89 (2003): 502-506
- [174] YUSUF, H. R., GILES, W.H., CROFT, J.B., ANDA, R.F., CASPAR, M.L.: Impact of multiple risk factor profiles on determining cardiovascular disease risk. *Prev Med* 27 (1998): 1-9
- [175] ZINTL, F.: *Ausdauertraining*. (1997): 28

7 Anhang

7.1 Mittelwerte bzw. Mediane, Standardabweichungen und Signifikanzen

7.1.1 Herzfrequenz vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	75,9 ± 11,62	88,7 ± 19,11	82,0 ± 14,87
	nachher	82,1 ± 15,60	83,9 ± 13,99	80,5 ± 18,44
50	vorher	98,4 ± 12,21	109,9 ± 20,20	105,8 ± 15,46
	nachher	103,0 ± 17,39	107,5 ± 19,92	109,7 ± 20,01
100	vorher	121,8 ± 19,26	134,1 ± 22,17	135,2 ± 19,77
	nachher	126,6 ± 23,10	133,5 ± 23,40	136,8 ± 19,58
150	vorher	146,8 ± 22,37	156,3 ± 22,55	163,4 ± 19,32
	nachher	149,6 ± 25,17	154,4 ± 23,94	158,4 ± 21,29
200	vorher	163,5 ± 20,64	169,0 ± 18,42	174,6 ± 17,62
	nachher	166,5 ± 22,56	166,5 ± 20,41	177,8 ± 13,50
250	vorher	171,8 ± 13,97	165,3 ± 15,92	196,0
	nachher	169,5 ± 19,28	161,2 ± 10,18	180,5 ± 6,36
300	vorher	171,3 ± 5,57	179,7 ± 6,81	
	nachher	171,8 ± 12,51	172,5 ± 4,80	
350	vorher	175,5 ± 3,54		
	nachher	176,5 ± 11,09		
400	vorher			
	nachher	175,0		
E3	vorher	119,9 ± 13,56	117,1 ± 11,48	125,2 ± 27,01
	nachher	122,9 ± 14,35	111,5 ± 8,01	126,2 ± 27,86
E6	vorher	109,4 ± 12,23	109,4 ± 13,68	116,3 ± 22,77
	nachher	114,1 ± 13,4	101,4 ± 9,20	114,5 ± 28,02

7.1.2 Laktatwerte vor und nach dem Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	1,02 ± 0,35	0,95 ± 0,27	0,98 ± 0,36
	nachher	1,03 ± 0,47	1,05 ± 0,43	0,92 ± 0,29
50	vorher	1,09 ± 0,29	1,17 ± 0,36	1,62 ± 0,73
	nachher	1,09 ± 0,35	1,16 ± 0,39	1,48 ± 0,59
100	vorher	1,63 ± 0,58	2,01 ± 0,88	3,16 ± 1,86
	nachher	1,57 ± 0,50	1,94 ± 0,94	2,81 ± 1,51
150	vorher	2,88 ± 1,33	3,36 ± 1,21	4,90 ± 2,16
	nachher	2,81 ± 1,32	3,76 ± 1,91	4,84 ± 2,13
200	vorher	5,33 ± 2,29	5,85 ± 2,03	7,22 ± 2,07
	nachher	5,26 ± 2,58	5,72 ± 2,55	7,53 ± 2,01
250	vorher	6,95 ± 2,19	5,71 ± 0,95	7,90
	nachher	6,43 ± 2,31	5,75 ± 2,22	10,09 ± 1,91
300	vorher	7,88 ± 1,01	8,61 ± 1,58	
	nachher	7,12 ± 2,25	8,65 ± 2,95	
350	vorher	9,43 ± 2,10		
	nachher	8,79 ± 1,57		
400	vorher			
	nachher	10,57		
E3	vorher	7,94 ± 2,07	6,41 ± 1,71	8,39 ± 2,31
	nachher	8,84 ± 1,90	6,68 ± 1,97	8,02 ± 3,16
E6	vorher	7,41 ± 2,33	6,08 ± 1,57	7,90 ± 2,67
	nachher	8,26 ± 2,05	6,26 ± 1,12	7,43 ± 3,24

7.1.3 RPE-Werte vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
50	vorher	7 ± 1,33	8 ± 1,74	9,5 ± 2,04
	nachher	7 ± 0,99	8 ± 1,60	9 ± 1,22
100	vorher	12 ± 3,00	12 ± 1,68	12,5 ± 2,66
	nachher	11 ± 1,94	11 ± 2,23	12 ± 2,14
150	vorher	14 ± 1,83	15 ± 2,33	15 ± 2,49
	nachher	14 ± 1,72	15 ± 2,70	15 ± 0,55
200	vorher	17 ± 1,91	17 ± 2,39	18 ± 1,58
	nachher	16 ± 1,88	15 ± 3,57	17,5 ± 0,58
250	vorher	18 ± 2,99	18,5 ± 2,06	18
	nachher	17,5 ± 1,78	15 ± 1,64	20
300	vorher	19 ± 1,10	19 ± 1,53	
	nachher	18 ± 1,63	19 ± 1,50	
350	vorher	19 ± 1,41		
	nachher	19 ± 0,82		
400	vorher			
	nachher	20		

7.1.4 Cholesterinwerte vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Chol. ges.	vorher	186,40 ± 38,08	177,47 ± 28,04	202,33 ± 40,28
	nachher	187,13 ± 30,97	178,53 ± 31,71	198,17 ± 28,17
LDL	vorher	105,07 ± 35,52	100,33 ± 32,00	113,33 ± 46,63
	nachher	107,93 ± 39,19	103,13 ± 26,32	109,33 ± 29,71
HDL	vorher	53,87 ± 18,31	51,47 ± 16,78	61,33 ± 21,97
	nachher	50,73 ± 16,59	47,47 ± 14,46	60,50 ± 19,64
Fr. Tri.	vorher	133,67 ± 57,08	128,87 ± 56,39	133,67 ± 63,13
	nachher	141,67 ± 66,15	130,33 ± 62,78	122,50 ± 96,16

7.1.5 Respiratorischer Quotient vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	0,87 ± 0,10	0,89 ± 0,08	0,92 ± 0,09
	nachher	0,88 ± 0,09	0,87 ± 0,12	0,86 ± 0,13
50	vorher	0,82 ± 0,07	0,82 ± 0,07	0,87 ± 0,08
	nachher	0,80 ± 0,07	0,80 ± 0,07	0,78 ± 0,04
100	vorher	0,90 ± 0,07	0,94 ± 0,05	0,97 ± 0,11
	nachher	0,87 ± 0,07	0,91 ± 0,07	0,91 ± 0,09
150	vorher	0,98 ± 0,09	1,04 ± 0,08	1,06 ± 0,10
	nachher	0,97 ± 0,09	1,00 ± 0,08	0,97 ± 0,06
200	vorher	1,05 ± 0,09	1,09 ± 0,08	1,09 ± 0,09
	nachher	1,03 ± 0,10	1,04 ± 0,08	1,05 ± 0,08
250	vorher	1,07 ± 0,06	1,10 ± 0,05	1,06
	nachher	1,05 ± 0,09	1,03 ± 0,07	1,07 ± 0,01
300	vorher	1,06 ± 0,04	1,12 ± 0,03	
	nachher	1,05 ± 0,05	1,05 ± 0,04	
350	vorher	1,14 ± 0,03		
	nachher	1,10 ± 0,01		
400	vorher			
	nachher	1,11		
E3	vorher	1,17 ± 0,07	1,14 ± 0,11	1,25 ± 0,09
	nachher	1,17 ± 0,11	1,11 ± 0,10	1,13 ± 0,15
E6	vorher	0,96 ± 0,07	0,96 ± 0,07	1,07 ± 0,07
	nachher	0,96 ± 0,06	0,93 ± 0,08	1,00 ± 0,11

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
50	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			
100	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			
150	vorher	n.s.	***	n.s.
	nachher			
200	vorher	n.s.	**	n.s.
	nachher			
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
300	vorher	n.s.	n.s.	
	nachher			
350	vorher	n.s.		
	nachher			
400	vorher			
	nachher			
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

7.1.6 Sauerstoffpuls vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	5,43 ± 2,14	4,14 ± 2,49	5,31 ± 1,69
	nachher	4,93 ± 1,81	4,02 ± 1,94	4,42 ± 1,52
50	vorher	12,46 ± 2,71	11,22 ± 4,79	9,49 ± 2,72
	nachher	10,76 ± 3,37	10,50 ± 4,52	10,14 ± 1,70
100	vorher	15,17 ± 3,21	13,91 ± 6,03	11,82 ± 2,68
	nachher	13,62 ± 3,51	13,27 ± 6,53	13,11 ± 2,13
150	vorher	16,01 ± 3,21	14,81 ± 5,14	13,66 ± 2,48
	nachher	14,82 ± 3,79	14,96 ± 6,79	15,02 ± 1,74
200	vorher	17,03 ± 3,71	15,83 ± 2,94	13,77 ± 2,83
	nachher	15,88 ± 4,54	14,69 ± 5,05	15,78 ± 1,77
250	vorher	19,02 ± 3,76	20,30 ± 1,93	17,52
	nachher	16,92 ± 5,06	18,07 ± 5,56	16,53 ± 2,76
300	vorher	22,27 ± 1,81	20,70 ± 3,40	
	nachher	20,97 ± 3,53	19,02 ± 2,11	
350	vorher	24,69 ± 0,02		
	nachher	22,44 ± 4,50		
400	vorher			
	nachher	28,35		
E3	vorher	9,61 ± 1,86	8,61 ± 3,93	10,20 ± 4,06
	nachher	9,41 ± 3,84	7,55 ± 3,00	11,98 ± 2,97
E6	vorher	8,62 ± 2,01	7,78 ± 3,29	9,16 ± 4,36
	nachher	9,34 ± 3,95	7,54 ± 3,00	11,46 ± 3,52

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
50	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
100	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
300	vorher	n.s.	n.s.	
	nachher			
350	vorher	n.s.		
	nachher			
400	vorher			
	nachher			
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

7.1.7 Absolute Sauerstoffaufnahme vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	408,48 ± 147,29	336,59 ± 167,49	390,91 ± 93,48
	nachher	368,13 ± 149,27	318,40 ± 134,09	366,23 ± 127,63
50	vorher	1182,78 ± 162,76	1103,89 ± 351,52	948,06 ± 224,37
	nachher	1020,25 ± 255,76	1028,81 ± 336,45	1033,87 ± 170,03
100	vorher	1742,79 ± 153,29	1622,78 ± 349,20	1444,88 ± 239,23
	nachher	1493,23 ± 332,44	1536,07 ± 457,74	1559,74 ± 209,81
150	vorher	2236,34 ± 181,49	2120,96 ± 356,60	1981,09 ± 249,82
	nachher	2059,22 ± 493,16	1930,09 ± 615,40	2222,54 ± 221,85
200	vorher	2701,29 ± 296,99	2603,76 ± 273,32	2343,73 ± 250,52
	nachher	2426,06 ± 640,72	2259,56 ± 741,66	2671,69 ± 216,19
250	vorher	3169,93 ± 348,13	3343,70 ± 423,63	2834,10
	nachher	2798,20 ± 752,64	3047,80 ± 951,29	3095,95 ± 482,69
300	vorher	3696,86 ± 252,53	3724,99 ± 658,99	
	nachher	3153,70 ± 977,74	3697,12 ± 433,07	
350	vorher	4299,85 ± 43,70		
	nachher	3915,54 ± 851,83		
400	vorher			
	nachher	4933,13		
E3	vorher	1183,46 ± 183,69	1125,34 ± 520,75	1459,32 ± 569,69
	nachher	1257,67 ± 655,43	983,88 ± 396,90	1596,37 ± 460,94
E6	vorher	958,18 ± 204,73	883,46 ± 312,94	905,90 ± 199,26
	nachher	966,02 ± 732,77	770,10 ± 305,82	1034,93 ± 246,90

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
50	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
100	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
300	vorher	n.s.	n.s.	
	nachher			
350	vorher	n.s.		
	nachher			
400	vorher			
	nachher			
E3	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

7.1.8 Relative Sauerstoffaufnahme vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	5,05 ± 1,08	4,36 ± 1,43	5,60 ± 1,70
	nachher	4,57 ± 1,28	4,23 ± 1,28	5,13 ± 1,42
50	vorher	15,21 ± 2,51	14,81 ± 4,12	13,37 ± 3,47
	nachher	13,06 ± 3,05	14,04 ± 4,15	14,76 ± 2,05
100	vorher	22,55 ± 3,61	22,16 ± 5,26	20,55 ± 4,31
	nachher	19,38 ± 5,14	21,17 ± 6,42	22,30 ± 2,52
150	vorher	29,13 ± 5,74	29,18 ± 6,70	27,40 ± 5,47
	nachher	26,64 ± 7,17	26,63 ± 8,85	31,22 ± 5,78
200	vorher	34,85 ± 5,65	34,53 ± 6,46	32,16 ± 4,19
	nachher	31,30 ± 8,67	30,32 ± 9,96	36,53 ± 6,11
250	vorher	39,03 ± 5,63	34,72 ± 3,82	35,43
	nachher	33,76 ± 8,75	33,34 ± 9,99	39,88 ± 5,14
300	vorher	38,49 ± 2,47	39,18 ± 3,57	
	nachher	33,36 ± 11,08	38,34 ± 1,10	
350	vorher	44,10 ± 0,77		
	nachher	41,93 ± 10,35		
400	vorher			
	nachher	50,34		
E3	vorher	79,47 ± 16,11	75,07 ± 17,62	71,67 ± 13,37
	nachher	15,71 ± 7,80	13,37 ± 5,47	23,24 ± 8,71
E6	vorher	12,19 ± 2,14	11,99 ± 3,01	11,25 ± 6,20
	nachher	12,14 ± 8,65	10,36 ± 4,15	14,95 ± 3,61

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ruhe	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
50	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
100	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
150	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
200	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
250	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
300	vorher	n.s.	n.s.	
	nachher			
350	vorher	n.s.		
	nachher			
400	vorher			
	nachher			
E3	vorher	***	***	**
	nachher			
E6	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

7.1.9 Herzfrequenzvariabilitätsmessung vor und nach dem 2-monatigen Training

7.1.9.1 RR-Tachogramm

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Mittelwert	vorher	932,4 ± 136,2	775,8 ± 115,3	895,5 ± 169,1
	nachher	945,9 ± 183,2	858,5 ± 161,6	837,7 ± 114,0

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Mittelwert	vorher	n.s.	***	n.s.
	nachher			

7.1.9.2 Tachogramm

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
pNN50	vorher	17,3 ± 11,9	7,2 ± 9,4	11,5 ± 13,3
	nachher	28,5 ± 22,0	10,7 ± 15,8	19,0 ± 22,8
%	vorher	16,7 ± 12,7	9,7 ± 9,7	8,2 ± 12,7
	nachher	27,7 ± 21,4	15,5 ± 16,7	12,3 ± 19,0
RMS s.d.	vorher	52,8 ± 32,1	28,0 ± 19,2	36,2 ± 25,5
	nachher	51,3 ± 26,9	34,6 ± 18,4	29,2 ± 23,0
%	vorher	5,3 ± 2,6	3,4 ± 2,0	3,8 ± 2,5
	nachher	5,2 ± 2,4	3,9 ± 1,7	3,5 ± 2,2

7.1.9.3 Leistungsspektrum

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
HF	vorher	532,9 ± 892,9	134,3 ± 123,5	246,7 ± 270,0
	nachher	437,0 ± 419,8	190,5 ± 141,6	123,0 ± 177,3
%	vorher	26,7 ± 16,7	19,0 ± 9,5	19,3 ± 10,8
	nachher	26,3 ± 14,7	23,7 ± 9,0	15,8 ± 9,2
LF	vorher	429,1 ± 376,9	175,8 ± 136,9	353,8 ± 366,5
	nachher	388,0 ± 229,3	221,8 ± 183,9	170,7 ± 211,5
%	vorher	30,1 ± 13,1	28,5 ± 10,2	28,8 ± 14,0
	nachher	30,0 ± 17,4	27,2 ± 11,4	25,9 ± 11,9
VLF	vorher	194,7 ± 85,2	132,9 ± 134,0	208,8 ± 184,5
	nachher	209,2 ± 139,1	152,1 ± 105,7	104,7 ± 95,2
%	vorher	18,8 ± 11,8	22,4 ± 9,5	24,7 ± 8,9
	nachher	17,4 ± 8,9	21,8 ± 10,5	16,8 ± 7,0
LF/HF	vorher	1,7 ± 1,2	3,9 ± 5,6	1,9 ± 1,6
	nachher	2,1 ± 2,8	1,7 ± 1,9	2,0 ± 1,3

7.1.10 Quattro Jump vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Ø Kraft	vorher	22,61 ± 0,38	21,52 ± 1,61	22,68 ± 1,64
	nachher	23,31 ± 0,85	22,29 ± 0,44	23,53 ± 1,55
Sprunghöhe	vorher	35,08 ± 6,61	33,39 ± 6,40	30,56 ± 8,35
	nachher	36,92 ± 1,94	35,70 ± 6,75	31,26 ± 8,59
Kraft b.Ü.v.E.z.K	vorher	1,20 ± 0,01	1,17 ± 0,05	1,35 ± 0,10
	nachher	1,17 ± 0,03	1,20 ± 0,04	1,33 ± 0,08

7.1.11 Cybex vor und nach dem 2-monatigen Training

7.1.11.1 Isometrik

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Drehmomentmax. Extension	vorher	2,23 ± 0,61	1,88 ± 0,47	1,85 ± 0,38
	nachher	2,82 ± 0,99	2,09 ± 0,55	1,68 ± 0,30
Drehmomentmax. Flexion	vorher	1,47 ± 0,32	1,35 ± 0,28	1,12 ± 0,28
	nachher	1,57 ± 0,29	1,41 ± 0,29	0,98 ± 0,36

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Drehmomentmax. Extension	vorher	***	***	**
	nachher			
Drehmomentmax. Flexion	vorher	***	*	*
	nachher			

7.1.11.2 Isokinetik

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Gesamtarbeit Extension-60	vorher	858,5 ± 319,7	706,6 ± 362,3	659 ± 286,5
	nachher	912,9 ± 309,1	749 ± 363,4	577,1 ± 238,3
Gesamtarbeit Flexion-60	vorher	708,2 ± 257,2	555,1 ± 264,4	480,7 ± 160,6
	nachher	706,7 ± 260,6	591,0 ± 295,1	436,3 ± 168,7
Gesamtarbeit Extension-180	vorher	1769,9 ± 607,5	1457,2 ± 627,5	1344,3 ± 576,8
	nachher	1824,8 ± 554,6	1492,9 ± 636,6	1171,5 ± 634,6
Gesamtarbeit Flexion-180	vorher	1322,3 ± 518,4	1136,7 ± 492,0	760,2 ± 375,4
	nachher	1418,9 ± 415,4	1182,8 ± 508,4	893,8 ± 332,5
Gesamtarbeit Extension-300	vorher	1876,6 ± 674,5	1507,4 ± 483,4	1107,8 ± 531,3
	nachher	1922,1 ± 569,9	1512,3 ± 464,3	1074,1 ± 633,5
Gesamtarbeit Flexion-300	vorher	1490,5 ± 597,3	1238,3 ± 421,8	1007,25 ± 305,5
	nachher	1597,7 ± 481,2	1243,7 ± 451,7	768,6 ± 373,0

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Gesamtarbeit Extension-60	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			
Gesamtarbeit Flexion-60	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
Gesamtarbeit Extension-180	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			
Gesamtarbeit Flexion-180	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
Gesamtarbeit Extension-300	vorher	n.s.	n.s.	**
	nachher			
Gesamtarbeit Flexion-300	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Leistung Extension-60	vorher	1,18 ± 0,26	1,03 ± 0,40	1,08 ± 0,37
	nachher	1,40 ± 0,33	1,13 ± 0,31	1,16 ± 0,33
Leistung Flexion-60	vorher	0,93 ± 0,16	0,86 ± 0,20	0,83 ± 0,13
	nachher	1,03 ± 0,20	0,88 ± 0,20	0,82 ± 0,17
Leistung Extension-180	vorher	2,08 ± 0,55	1,79 ± 0,68	1,80 ± 0,66
	nachher	2,45 ± 0,56	1,89 ± 0,67	1,87 ± 0,66
Leistung Flexion-180	vorher	1,75 ± 0,38	1,51 ± 0,40	1,37 ± 0,23
	nachher	1,93 ± 0,31	1,52 ± 0,41	1,40 ± 0,33
Leistung Extension-300	vorher	1,86 ± 0,61	1,47 ± 0,67	1,43 ± 0,61
	nachher	2,03 ± 0,46	1,54 ± 0,65	1,23 ± 0,72
Leistung Flexion-300	vorher	1,59 ± 0,51	1,27 ± 0,48	1,13 ± 0,38
	nachher	1,67 ± 0,42	1,30 ± 0,47	0,95 ± 0,43

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Leistung Extension-60	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung Flexion-60	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung Extension-180	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung Flexion-180	vorher	**	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung Extension-300	vorher	*	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung Flexion-300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Drehmomentmax. Extension-60	vorher	1,89 ± 0,41	1,76 ± 0,51	1,78 ± 0,44
	nachher	2,16 ± 0,52	1,81 ± 0,45	1,68 ± 0,63
Drehmomentmax. Flexion-60	vorher	1,41 ± 0,25	1,27 ± 0,28	1,26 ± 0,24
	nachher	1,57 ± 0,32	1,31 ± 0,28	1,40 ± 0,45
Drehmomentmax. Extension-180	vorher	1,21 ± 0,29	1,13 ± 0,31	1,12 ± 0,29
	nachher	1,39 ± 0,34	1,20 ± 0,38	1,22 ± 0,30
Drehmomentmax. Flexion-180	vorher	0,98 ± 0,18	0,90 ± 0,18	0,81 ± 0,11
	nachher	1,10 ± 0,16	0,91 ± 0,22	0,94 ± 0,24
Drehmomentmax. Extension-300	vorher	0,84 ± 0,27	0,72 ± 0,23	0,73 ± 0,17
	nachher	0,94 ± 0,27	0,77 ± 0,24	1,00 ± 0,38
Drehmomentmax. Flexion-300	vorher	0,66 ± 0,15	0,60 ± 0,21	0,60 ± 0,35
	nachher	0,7 ± 0,14	0,59 ± 0,18	0,52 ± 0,16

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Drehmomentmax. Extension-60	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Drehmomentmax. Flexion-60	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Drehmomentmax. Extension-180	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Drehmomentmax. Flexion-180	vorher	***	n.s.	n.s.
	nachher			
Drehmomentmax. Extension-300	vorher	**	n.s.	n.s.
	nachher			
Drehmomentmax. Flexion-300	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			

7.1.12 Körpergewicht, BMI und Leistung vor und nach dem 2-monatigen Training

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Körpergewicht	vorher	79,5 ± 16,1	75,1 ± 17,6	71,7 ± 13,4
	nachher	79,1 ± 15,3	74,7 ± 16,8	70,7 ± 12,6
BMI	vorher	24,0 ± 3,2	23,3 ± 3,4	23,9 ± 3,3
	nachher	23,9 ± 2,8	23,2 ± 3,3	23,4 ± 3,0
Leistung	vorher	232,4 ± 48,9	197,0 ± 46,9	176,3 ± 54,7
	nachher	251,4 ± 61,0	210,5 ± 54,9	175,0 ± 56,6

		Power-Cycling	Fatburner	Kontrollgruppe
Körpergewicht	vorher	n.s.	n.s.	*
	nachher			
BMI	vorher	n.s.	n.s.	n.s.
	nachher			
Leistung	vorher	**	*	n.s.
	nachher			

7.2 Patienteninformation



Institut für Sportmedizin
Direktor: Univ.-Prof. Dr.med.K.Völker

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr!

Wir freuen uns, dass Sie an einer wissenschaftlichen Studie zum Thema „Indoor-Cycling„ teilnehmen wollen. Neben dem wissenschaftlichen Wert bietet die Studie jedem Teilnehmer die Gelegenheit, einen umfassenden Überblick über seinen individuellen Gesundheits- und Trainingszustand zu bekommen.

Ziel der aktuellen Studie ist die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Intensitäten beim Indoor-Cycling auf gesundheitsrelevante Parameter. Die Studie, an der voraussichtlich 50 Probanden teilnehmen werden, umfasst insgesamt vier Untersuchungstage, sowie ein zweimonatiges Indoor-Cycling-Training zweimal pro Woche. Einzelheiten entnehmen Sie bitte aus der beigefügten Anlage.

Beim ersten Termin erfolgt eine venöse Blutabnahme und eine umfangreiche spiroergometrische Leistungsdiagnostik, welche Aufschluß über Ihren individuellen körperlichen Gesundheits- und Trainingszustand gibt.

Beim zweiten Termin wird eine isokinetische und isometrische Kraftmessung auf dem Cybex- Gerät und eine Messung auf dem Quattro Jump durchgeführt.

In den darauffolgenden zwei Monaten wird jeweils zweimal in der Woche eine einstündige Spinningstunde absolviert.

Bei den letzten beiden Terminen werden die oben genannten Tests wiederholt.

Zu Beginn oder während der Studie auftretende Erkrankungen sollten Sie mit dem behandelnden Arzt besprechen.

Wenn Sie schwanger sind oder in den nächsten Wochen eine Schwangerschaft planen, dürfen Sie nicht in die Studie aufgenommen werden.

Die mit der Überwachung der Studie beauftragten Personen dürfen Einblick in Ihre Krankenunterlagen nehmen, die mit dieser Studie zu tun haben. Dies ist notwendig, um einen ordnungsgemäßen Ablauf der Studie zu gewährleisten. Hierfür ist Ihre ausdrückliche Zustimmung erforderlich. Diese Personen sind zur strengen Vertraulichkeit und Beachtung des Datenschutzes verpflichtet. Die ärztliche Schweigepflicht bleibt in jedem Fall gewahrt. Die Auswertung Ihrer Daten erfolgt ausschließlich anonym. Eine Identifizierung der Probanden ist für einen Außenstehenden nicht möglich.

Die Untersuchungsergebnisse und Leistungsdaten werden Ihnen zum Ende der Untersuchung gerne zur Verfügung gestellt.

Für weitere Informationen über die Studie, für die Klärung rechtlicher Fragen und im Notfall wenden Sie sich bitte an die Ärzte des Instituts: 0251/ 8335394

Übersichtsplan der Studie „ Einfluss unterschiedlicher Intensität beim Indoor-Cycling auf gesundheitsrelevante Parameter „

Versuchspersonen: ca. 50

Ablauf:

1. Termin: Ärztliche Untersuchung
Ruhe- EKG
Herzfrequenz- Variabilitätsmessung
Venöse Blutabnahme: Bestimmung der Routineparameter (kl. Blutbild, Fette, Cholesterin, GOT,...)
Spiroergometrie: Bestimmung von Blutdruckverlauf, Laktatverlauf und maximaler Sauerstoffaufnahme. Zu diesem Zweck sind mehrfache Abnahmen von Kapillarblut am Ohrläppchen sowie das Tragen einer Atemmaske während der Untersuchung notwendig.
2. Termin: Cybex- isometrische und isokinetische Kraftmessung
Quattro Jump
3. Einstündige Indoor-Cycling-Stunde zweimal in der Woche über zwei Monate mit spiroergometrischer Untersuchung an einer und Laktatmessung bei fünf weiteren Testpersonen. Bei allen Testpersonen wird die Herzfrequenz kontrolliert.
4. Wiederholung der unter 1 und 2 genannten Tests. Anhand dieser Wiederholung wird festgestellt, wie sich das unterschiedliche Indoor-Cycling-Training auf die untersuchten Parameter auswirkt.

Bei Fragen bitte wenden an:

Katrin Hansmeier 0177/ 2982743

Einverständniserklärung

Sollte ich ohne triftigen Grund die Weiterführung an der Studie abbrechen, so habe ich für die Erstuntersuchung die vollen Kosten zu tragen.

Datum

Unterschrift

7.3 Anwesenheitsliste

Kontrollbogen**Power- Spin**

Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
22 M.G.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
23 A.R.	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
16 M.B.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
27 S.D.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
54 B.G.	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
53 N.H.	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
18 M.S.	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
01 K.G.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
14 A.F.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
13 D.W.	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/
19 M.M.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
35 T.B.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
20 U.K	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
37 L.G.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
38 M.W.	A	A	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/

A= Anwesenheit

/ = Abwesenheit

Kontrollbogen

Soft- Spin

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
30 D.K.	A	A	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
08 S.H.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
05 S.D.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/	/
03 J.H.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
11 G.V.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
26 J.B.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
15 B.F.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
51 M.F.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
07 U.S.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
06 R.H.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
39 M.W.	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
40 M.W.	A	A	A	A	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/
07 C.S.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/	/
04 L.B.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/	/
17 M.B.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	/	/

A= Anwesenheit
/ = Abwesenheit

7.4 Beispiel eines Indoor-Cycling-Kurses

7.4.1 Fatburner-Kurs

10 Minuten warm up:

Jeder Teilnehmer fuhr mit leichtem Widerstand und niedriger Trittfrequenz. Die bpm lagen zwischen 100 und 200. Die Körperhaltung war leicht nach vorne gebeugt, der Rücken war gerade, die Schultern wurden locker gelassen. Der Puls sollte langsam steigen. Der Widerstand wurde durch das Kommando des Trainers erhöht:



10 Minuten Springen:

Bei dem so genannten Springen wurde die Kraft aus den Beinen genutzt, indem der Fahrer vom sitzenden Fahren ins stehende Fahren überging und umgekehrt. Beim Aufstehen aus dem Sattel durfte nicht die Kraft der Armmuskulatur benutzen werden. Das Setzen sollte ebenso nur mit Muskelkraft erfolgen. Wenn der Puls über den vorgegebenen Bereich stieg, hörten die betreffenden Personen mit der Übung auf und fuhren im Sitzen weiter, bis sich der Puls wieder angepasst hatte. Die bpm lagen zwischen 80 und 145:



10 Minuten Klettern im Sitzen (Berg):

Mit dieser Übung wurden Berge simuliert. Der Takt lag zwischen 80 und 160 bpm. Der Widerstand wurde etappenweise erhöht. Dabei war auf eine runde Tretbewegung, bestehend aus dem gleichzeitigen Drücken und Ziehen der Tretkurbel, zu achten. Zur Kräftigung der Beinmuskulatur wurde zusätzlich der Oberkörper fixiert.

Auch hier galt die Regel, dass bei zu hohem Puls der Widerstand gedrosselt wurde:



10 Minuten Sprinten im Sitzen:

Bei dieser Trainingseinheit wurden kleine Sequenzen eines Liedes mit einem schnelleren beat in einem schnellen Tempo gefahren. Auch hier wurde es den Radfahrern nur gestattet, so lange das schnellere Tempo zu fahren, wie der Puls in seinem eingegrenzten Bereich blieb. Auf das Einhalten der korrekten Sitzposition war zu achten, da gerade bei dieser Übungsform der Teilnehmer dazu neigte, die Kontrolle über sich und das Rad zu verlieren.

10 Minuten Rennen:

Bei dieser Übung wurden kürzere Passagen im Stehen gefahren. Wenn die Herzfrequenz es zuließ, wurde der Widerstand nach den einzelnen Intervallen erhöht oder es wurden ein paar Übungen für die Arme gemacht. Diese mussten jedoch oft aufgrund des Überschreitens des Herzfrequenzbereiches abgebrochen werden.

10 Minuten cool down und Dehnübungen:

Zur Erniedrigung der Herzfrequenz fuhren die Teilnehmer mit wenig Widerstand und im langsamen Tempo, um den Puls langsam wieder zu beruhigen. Dazu wurden Atemübungen gemacht, wobei durch die Nase ein- und über den Mund ausgeatmet wurde. Da durch richtiges Tiefenatmen alle Körperzellen ausreichend mit Sauerstoff versorgt und somit maximale Leistung erbracht werden konnte und die Stoffwechselfunktion angeregt wurde, sollte zwischen den einzelnen Belastungsphasen eine solche Entspannungsatmung durchgeführt werden. Hierbei wurde die Trittfrequenz auf 60- 80 bpm bei minimalem Widerstand reduziert, die Arme pendelten neben dem Körper, beim Einatmen vom Körper weg und beim Ausatmen zum Körper hin. Diese Gelegenheit wurde auch zur Flüssigkeitsaufnahme genutzt, welche gerade beim Indoor-Cycling aufgrund des großen Mineral- und Flüssigkeitsverlustes von großer Wichtigkeit war. Bei den Dehnübungen wurde zunächst der Oberkörper berücksichtigt. In der Reihenfolge Nacken, Oberarme, Rücken, Schultern, Oberschenkel, Unterschenkel wurden die Übungen für jeweils ca. 30 Sekunden durchgeführt.

6.4.2 Power-Cycling-Kurs

10 Minuten warm up:

siehe 6.4.1

10 Minuten Rennen:

Bei dieser Trainingseinheit wurde im Gegensatz zum Fatburner durchgehend im Stehen gefahren, während der Widerstand kontinuierlich erhöht wurde. Dabei sind Übungen wie Fixieren des Oberkörpers oder Liegestütze mit den Armen am Lenker gemacht worden. Wichtig hierbei war, dass der Körperschwerpunkt über dem Sattel blieb, um das Gewicht, welches auf den Knien lastete, zu verringern:



10 Minuten Klettern im Stehen (Berg):

Bei den Bergfahrten im Stehen wurde der Oberkörper in kurzen Intervallen fixiert, um die Muskulatur der Beine gezielt zu trainieren. Zwischen den Intervallen wurde im Wiegeschritt gefahren. Zu achten war auf einen runden Tritt, bei dem die Probanden gleichzeitig mit einem Fuß die entsprechende Pedale herunterdrückten und mit dem anderen Fuß mit gleicher Kraft die andere Pedale herauf zogen. Bei dieser Übung musste darauf geachtet werden, dass die Hüfte nicht nach links oder rechts abwich:



10 Minuten Sprinten im Stehen:

Mit wenig Widerstand wurde bei dieser Übung ein Sprint im Stehen simuliert. Wichtig bei dieser Übung war die Anspannung des Oberkörpers. Die bpm sollten 145 nicht überschreiten:



10 Minuten Oberkörper vor und zurück:

Diese Übung ist mit dem Springen im Fatburner-Kurs zu vergleichen. Anstatt im Wechsel im Stehen und im Sitzen zu fahren, wurde der Körper nach vorne und nach hinten bewegt. Dabei konnten Übungen wie Fixierung des Körpers durchgeführt werden. Außerdem wurde der Widerstand stetig erhöht:



10 Minuten Cool down und Dehnübungen:

siehe 7.4.1

KATRIN HANSMEIER
 * 21/06/1979 IN BECKUM
 DEUTSCHE STAATSANGEHÖRIGKEIT, LEDIG

LEBENS LAUF

SCHULBILDUNG:

08/85-06/89	ST. MARTIN-GRUNDSCHULE, BECKUM
08/89-06/98	ALBERTUS-MAGNUS-GYMNASIUM, BECKUM
06/98	ALLGEMEINE HOCHSCHULREIFE

STUDIUM:

04/99-10/05	STUDIUM DER HUMANMEDIZIN, WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT, MÜNSTER
08/01	ÄRZTLICHE VORPRÜFUNG
03/03	ERSTER ABSCHNITT DER ÄRZTLICHEN PRÜFUNG
08/04	ZWEITER ABSCHNITT DER ÄRZTLICHEN PRÜFUNG
12/05	DRITTER ABSCHNITT DER ÄRZTLICHEN PRÜFUNG
10/04-09/05	PRAKTISCHES JAHR (ST. FRANZISKUS-HOSPITAL, MÜNSTER)
	KLINIK FÜR ALLGEMEIN- UND VISCERALCHIRURGIE
	KLINIK FÜR UNFALLCHIRURGIE
	MEDIZINISCHE KLINIK II, VERDAUUNGS- UND STOFFWECHSELKRANKHEITEN, ONKOLOGIE
AMBULANZ	MEDIZINISCHE KLINIK IV, INTENSIVMEDIZIN, INTERNISTISCHE
KINDER- UND	KLINIK FÜR ALLGEMEINE ORTHOPÄDIE UND ENDOPROTHETIK, NEUROORTHOPÄDIE, HAND- UND FUßCHIRURGIE

BERUFSERFAHRUNG/FORTBILDUNG/PRAKTIKA

05/01-06/01	FORTBILDUNG: SPORTTRAUMATOLOGISCHE GRUNDLAGEN
WS 01/02	PRAKTIKUM DER SPORTMASSAGE UND VERLETZUNGEN FAMULATUREN
02-03/02	ALLGEMEINE ORTHOPÄDIE, ST. JOSEF-STIFT, SENDENHORST
08/03	INNERE MEDIZIN/KARDIOLOGIE, INSELSPITAL, BERN
09-10/03	HALS-NASEN-OHREN-PRAXIS, MÜNSTER
03-04/04	ALLGEMEINE CHIRURGIE, UNIVERSITÄTSKLINIKUM MÜNSTER
SEIT 01/06	ASSISTENZÄRZTIN IN DER ORTHOPÄDIE/TRAUMATOLOGIE, MARIENHOSPITAL BOTTROP

NEBENTÄTIGKEITEN:

WS 00/01	VORPRÄPARANDIN UND STUDENTISCHE TUTORIN IM KURSUS DER MAKROSKOPISCHEN ANATOMIE
06/00-HEUTE	INDOOR-CYCLING-INSTRUCTORIN (U.A. FÜR DIABETIKER, ADIPÖSE JUGENDLICHE UND FIRMFITNESS), HALL OF SPORTS UND POWER- SPORTS, MÜNSTER

BESONDERE KENNTNISSE:

FREMDSPRACHEN	GRUNDKENNTNISSE IN SPANISCH SEHR GUTE KENNTNISSE IN ENGLISCH UND IN SPANISCH
EDV-KENNTNISSE	WORD, EXCEL, GOLDEN GRAPHER SYSTEM 2.0, SPSS 11.0

FREIZEITAKTIVITÄTEN: TRIATHLON, RADRENNSPORT

MÜNSTER, DEN 10.01.2006